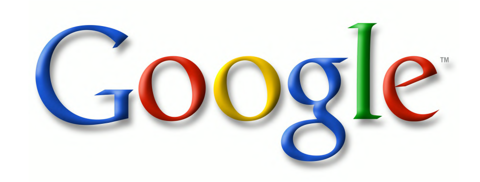






PUBLICATION INDUSTRIELLE

DES

MACHINES, OUTILS ET APPAREILS

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE ET Ce
RUE SAINT-BENOÎT, 7.

PUBLICATION INDUSTRIELLE

DES

MACHINES

OUTILS ET APPAREILS

LES PLUS PERFECTIONNÉS ET LES PLUS RÉCENTS

EMPLOYÉS

DANS LES DIFFÉRENTES BRANCHES DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

PAR

ARMENGAUD AINÉ

INGÉNIEUR, PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE IMPÉRIAL DES ARTS ET MÉTIERS
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT ET DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Qui peut mettre un terme à la perfectibilité humaine?

TEXTE

TOME HUITIÈME

PARIS

CHEZ L'AUTEUR, 45 RUE SAINT-SÉBASTIEN

CHEZ MM. CARILIAN-GOEURY ET VICTOR DALMONT

LIBRAIRES POUR L'INDUSTRIE, LES ARTS ET LES SCIENCES
49 QUAI DES AUGUSTINS

L. MATHIAS, LIBRAIRE, 15 QUAI MALAQUAIS

Et les principaux Libraires.

1853

MOULINS CONIQUES A NOIX,

PROPRES A RAPER LE TABAC ET D'AUTRES SUBSTANCES

AVEC DISPOSITIONS DE POULIES POUR MARCHER PAR COURROIES,

ÉTABLIS A LA MANUFACTURE DES TABACS DE PARIS,

Par **M. RUDLER**, Ingénieur.

(PLANCHE 1re.)

On sait que les manufactures de tabac emploient en général un grand nombre de moulins coniques à noix destinés à broyer les feuilles après qu'elles ont été suffisamment fermentées. Ces moulins présentent une particularité, c'est qu'au lieu d'avoir un mouvement continu, comme tous les autres systèmes qui servent à concasser ou à moudre des substances sèches et dures, ils doivent, au contraire, avoir un mouvement circulaire alternatif, sans quoi les feuilles qui forment une substance grasse et pâteuse se colleraient sur la surface des lames qui garnissent l'extérieur de la noix et l'intérieur de son boisseau, de sorte que le moulin serait constamment engorgé après quelques instants de marche.

Pour produire ce mouvement circulaire alternatif, on avait appliqué, jusqu'à ces dernières années, un système d'excentriques circulaires de grand diamètre, embrassés sur toute leur circonférence par des colliers en deux pièces reliés chacun à une tringle communiquant à une sorte de manivelle rapportée sur le sommet de l'arbre vertical de la noix ; mais ce système avait l'inconvénient d'exiger une grande force motrice à cause des frottements énormes occasionnés par les excentriques, et de nécessiter, en outre, beaucoup de frais d'entretien par l'usure des pièces frottantes.

Il y a quelques années, M. Rudler, qui est employé à la manufacture comme ingénieur, a été chargé de remplacer ce système vicieux d'excentriques par une disposition plus convenable et mieux appropriée aux appareils à mouvoir. Ayant déjà fait marcher des moulins à blé par courroies,

il a pensé qu'il serait possible de faire une application analogue aux moulins à tabac, en observant toutefois que ceux-ci exigent plus de difficultés, puisque non-seulement leur mouvement doit être alternatif au lieu d'être continu, mais qu'en outre la vitesse doit être considérablement moindre. L'application était d'autant plus délicate, qu'il fallait se renfermer dans des conditions rigoureuses de localités et de choses établies dont on ne pouvait départir.

Toutefois, sans s'arrêter aux difficultés, il est parvenu, après avoir convenablement étudié les dispositions, à établir un système qui a donné les meilleurs résultats et qui est trop remarquable pour que nous n'ayons pas cherché à le faire connaître, persuadé qu'il peut se répandre dans diverses industries où son application sera susceptible de rendre des services.

La manufacture de Paris, qui n'occupe pas moins de 36 moulins semblables, est sans contredit la fabrique la plus importante, non-seulement de toute la France, mais encore de toute l'Europe. Renfermant plus de valeurs en matériel et en marchandises que l'Hôtel des Monnaies, qui, cependant, peut fabriquer par jour plus de cent mille pièces d'argent, d'or ou de cuivre, elle peut livrer à la consommation un chiffre tellement élevé, soit en tabac à priser, soit en tabac à fumer, qu'elle rapporte à l'État près de cent millions par année (1).

Deux machines à vapeur, ayant ensemble cent chevaux de force, font mouvoir tous les moulins avec les machines à tamiser, ainsi qu'un grand nombre de hachoirs de gros et de tabac à fumer, les élévateurs destinés à monter les marchandises, et enfin les tours, les meules à aiguiser les lames et les divers outils des ateliers de réparation. Les chaudières, qui représentent plus de 160 chevaux, servent non-seulement à faire mouvoir les machines, mais encore à alimenter les divers séchoirs à vapeur établis pour la dessiccation des produits.

Avant d'entrer dans les détails relatifs à la construction des moulins à râper, nous croyons qu'il ne sera pas sans intérêt de donner une idée générale de la fabrication des tabacs à priser et à fumer; et, à ce sujet, nous ne pouvons mieux faire que d'extraire les passages suivants du Mémoire publié par M. Barral dans le *Dictionnaire des arts et manufactures.*

« On compte en France dix manufactures de la régie, lesquelles sont situées à Paris, Lille, le Hàvre, Morlaix, Bordeaux, Tonneins, Toulouse, Lyon, Strasbourg et Marseille. Elles occupent ensemble plus de quatre mille ouvriers, femmes et enfants. Il y en a neuf qui fabriquent les tabacs ordinaires à priser et à fumer du prix de 7 fr. le kilogramme et les tabacs supérieurs à fumer, de 14 fr. 40 c. A Marseille, on ne fabrique que des cigares, à Morlaix et à Tonneins des tabacs en carotte ; celles

(1) Les bénéfices annuels que fait la régie ont été constamment en progression croissante depuis l'origine. Ainsi lorsqu'en 1815 ils n'étaient encore que de 32 millions, en 1830 ils s'élevaient à 45 millions, en 1840 ils dépassaient 70 millions de francs, et en 1841 plus de 80 millions. Aujourd'hui se trouve plus que réalisée la prédiction de Napoléon que le monopole des tabacs arriverait à verser annuellement 80 millions dans les coffres du Trésor public.

de Lille et de Strasbourg produisent des tabacs à priser et à fumer, dits *tabacs de cantine*, d'un prix inférieur, afin de diminuer l'introduction frauduleuse des tabacs étrangers. A Paris seulement on fabrique du tabac à priser supérieur du prix de 11 fr.

La fabrication du tabac a pour but l'obtention de deux produits principaux : la *poudre* ou tabac à priser, le *scaferlati* (1) ou tabac à fumer. Les *cigares* ne forment qu'une annexe de ce dernier genre ; les *carottes* sont destinées à tenir lieu des deux produits, les *rôles* ou tabac à mâcher, sont destinés à satisfaire un goût singulier qui ne tend point à se généraliser, et enfin les *tabacs de cantine*, de qualité inférieure.

Nous allons expliquer comment s'obtiennent ces divers produits, en commençant par les procédés de fabrication qui altèrent le moins la nature des feuilles ; auparavant nous décrirons les opérations préliminaires auxquelles sont soumises les feuilles, quelle que soit d'ailleurs leur destination : *l'ouverture des boucauts*, l'*écabochage*, l'*époulardage*, la *mouillade*, l'*écotage*.

1° **Ouverture des boucauts.** Les feuilles de tabac arrivent dans les manufactures renfermées dans des boucauts, des nattes ou des ballots de grosse toile. Le premier soin de l'inspecteur de la fabrication est de faire prendre le poids brut des boucauts, d'en faire briser l'enveloppe et d'en peser la tare, afin de prendre seulement en charge le poids réel. Chaque boucaut est alors séparé en plusieurs fragments cylindriques qui, d'après leur état, sont expédiés à l'atelier d'époulardage, les plus beaux pour le tabac à fumer, les autres pour le tabac à priser.

2° **Écabochage.** C'est une opération qui ne se pratique que pour certaines espèces de feuilles, comme celles de Hollande, qui ont été réunies par les planteurs en manoques ayant des têtes ou *caboches* formées uniquement de grosses côtes. On coupe les caboches avec un couteau à bras, mobile à l'extrémité d'une table, autour d'un point d'attache ; les feuilles séparées sont placées dans des mannes et portées à l'époulardage.

3° **L'époulardage** consiste à délier les manoques, à les secouer de manière à faire tomber le sable et la poussière qui souillent les feuilles, à détacher celles-ci les unes des autres, à les trier, à les placer dans différentes mannes dont est entouré l'ouvrier, suivant qu'il juge qu'elles sont propres à telle ou telle destination, par exemple, à servir de *robes* pour les cigares, à entrer dans la confection des rôles, ou bien seulement, à cause de leur mauvais état de fermentation, à être réduites en poudre.

C'est une des opérations les plus essentielles de la fabrication, et une des plus pénibles pour l'ouvrier, à cause de la poussière continuelle dont il est entouré.

Le maître-ouvrier reçoit les mannes des mains des ouvriers, examine si les feuilles ont été bien classées, constate le poids des mannes afin de régler les salaires d'après la tâche accomplie, et enfin place les tabacs dans diverses cases, suivant leur destination.

4° **Mouillade.** La mouillade consiste à arroser les feuilles avec une dissolution de sel ordinaire (chlorure de sodium) : elle a pour but de les disposer aux opérations subséquentes en leur rendant la souplesse enlevée par la dessiccation sur le terrain, et les mettant ainsi en état de résister à la manutention sans se briser. La présence du sel dans le tabac a pour but d'empêcher la fermentation de devenir putride et d'en

(1) A une époque déjà reculée on livrait le tabac à fumer en feuilles à la consommation, chaque fumeur était alors dans l'obligation de couper ces feuilles avant de les employer ; un marchand de tabac, du nom de Scaferlati, eut l'idée de vendre ces feuilles toutes découpées à l'avance, et plus tard les manufactures ont naturellement cherché à faire cette opération mécaniquement. ARM.)

éloigner les insectes qui s'introduisent dans toute matière en fermentation. C'est à la présence du sel que le tabac doit principalement la propriété que tout le monde lui connaît, d'être hygrométrique.

L'atelier de la mouillade est à côté de celui de l'époulardage; la dissolution saline se fait au moyen de 10 kil. de sel pour 100 litres d'eau. On superpose plusieurs lits de feuilles que l'on arrose successivement; l'eau excédante s'écoule dans des rigoles.

En 1844 (1), 601,705 kil. de sel ont été employés à la mouillade des 18,648,687 kil. livrés aux ateliers, ce qui fait moyennement 32 grammes de sel par chaque kilogramme de tabac fabriqué.

5° **Écotage.** Cette opération est réservée aux femmes, comme étant extrêmement facile; elle consiste à prendre d'une main les feuilles par un bout, et à arracher de l'autre main la grosse côte dans toute la longueur de la feuille. Les ouvrières sont rangées de manière à prendre les feuilles dans des mannes placées à leur gauche, à jeter les feuilles écotées dans des mannes placées à leur droite, et à jeter les côtes derrière les bancs sur lesquels elles sont assises. Les feuilles écotées sont portées ensuite sur des tables ou claies où des femmes sont occupées à les repasser, à ôter les nervures qui auraient pu échapper aux écoteuses et à faire tomber toute matière étrangère. De là les feuilles passent dans les divers ateliers auxquels elles sont destinées.

Les côtes et les caboches, ainsi qne les balayures d'ateliers, constituent les résidus de fabrication qui sont détruits par la combustion. En 1844, les ateliers ont livré aux magasins d'expédition 17,520,893 kil., et à la destruction 1,524,709 kil.; les résidus forment donc 8 p. 100 des matières premières. Il faut excepter les côtes des tabacs étrangers qui sont introduites dans les tabacs de cantine.

Fabrication des cigares. — De toutes les manutentions du tabac, c'est la fabrication des cigares qui altère le moins la nature de la plante.

Des femmes roulent des débris longitudinaux de feuilles entre leurs doigts et ensuite, en les serrant, elles les revêtent d'une *robe*, c'est-à-dire d'une feuille convenablement taillée qui ne présente aucune déchirure; avec un peu de colle de pâte, elles attachent enfin l'extrémité de la robe sur le corps du cigare.

Après l'inspection du contre-maître, qui doit vérifier, d'une part, s'ils ne sont pas trop ou trop peu serrés, de manière à ce qu'ils puissent être fumés, et d'autre part, s'ils ont le poids moyen voulu, les cigares passent au séchoir, où ils sont exposés à une température qui ne dépasse pas 30 degrés. Après la dessiccation ils sont portés au magasin et mis en boîte.

On ne fabrique en France que les cigares à 5 et à 10 centimes; les autres cigares proviennent de la Havane, de Manille, de la Colombie, de la Nouvelle-Grenade, de Bahia. Les cigares à 10 centimes sont dits étrangers; ils se font effectivement avec des feuilles étrangères de Maryland et de Havane. On n'en fabrique qu'aux manufactures de Marseille, Bordeaux, Tonneins et Paris, qui, en 1844, en ont livré aux magasins d'expédition :

Marseille................	7,405 kilog. ou	1,851,250 cigares.
Bordeaux................	10,335	2,583,850
Tonneins................	1,990	497,500
Paris....................	45,202	11,300,500
Totaux..................	64,932 kil.	16,233,100 cigares.

(1) Le rapport de M. Barral cite comme exemple l'année 1844; mais, sans être changée, la fabrication a pris depuis cette époque des dimensions bien plus considérables. (Arm.)

Les cigares à 5 centimes sont faits avec des feuilles de France. Il s'en fabrique six fois plus environ que de cigares à 10 centimes ; six manufactures en ont livré, savoir :

Marseille..............	218,778 kilog. ou	54,694,500 cigares.
Toulouse..............	26,876	6,469,000
Bordeaux..............	23,030	5,507,500
Tonneins..............	35,164	8;791,000
Strasbourg............	10,902	2,725,500
Paris..................	46,731	11,682,750
Totaux...............	361,481 kilog.	89,870,250 cigares.

On voit que la manufacture de Marseille fabrique les deux tiers de ce genre de produits.

FABRICATION DES ROLES. — On entend par rôles, comme nous l'avons dit, les tabacs à mâcher ou à *chiquer*. On en distingue de deux espèces : les rôles menus filés qui sont classées parmi les tabacs supérieurs, et qui sont faits en feuilles de Virginie pures ; les gros rôles dont la consommation est plus ordinaire. La fabrication de ce genre de produits est un peu plus compliquée que celle des cigares ; toutefois la feuille de tabac y conserve encore sa nature. Elle se compose de cinq opérations successives : filage, mise en rôles, passage à la presse, ficelage, mise à l'étuve.

1° **Filage.** Le filage se fait au rouet, qui se compose d'un cylindre de bois mobile d'abord sur son axe, et ensuite sur un autre axe perpendiculaire au premier. L'ouvrier fileur reçoit des mains d'un enfant les feuilles de tabac tendues en écheveaux plus ou moins gros, selon le diamètre que doit avoir le boudin ; un autre enfant lui prépare les *robes ;* il contourne ces dernières autour des premières feuilles, et alors à un signe, qu'il fait, un troisième aide tourne la manivelle et fait tourner le rouet autour de l'axe perpendiculaire au cylindre de bois ; le fileur pendant ce temps appuie le boudin sur une table tandis que le tabac se tord. Quand environ un mètre de boudin se trouve filé, le troisième aide fait enrouler ce boudin sur le cylindre de bois du rouet ; un déclic empêchera ce cylindre de se dérouler, tandis que le rouet tordra le bout suivant.

2° **Rôlage.** Lorsque les rouets des fileurs sont pleins, on les transporte dans l'atelier des rôleurs où le tabac filé est dévidé de dessus le rouet et enroulé sur des bobines, simples chevilles de bois, de manière à donner des rôles d'un kilogramme ou d'un demi-kilogramme pour les gros rôles, d'un demi ou d'un quart ou d'un huitième de kilog. pour les rôles menus filés. Les bouts étant coupés sont ensuite attachés avec de la ficelle.

3° **Pressage.** Les rôles sont introduits dans des moules ou trous cylindriques de dimensions convenables, lesquels sont rangés sur une table de manière à ce que des cylindres de bois, percés en leur centre pour laisser passer les chevilles, pénètrent dans les moules et puissent y peser sur les rôles. On met sur un chariot plusieurs lits horizontaux des rôles ainsi arrangés, de manière qu'ils occupent une hauteur de 1m 50 environ, et on pousse le chariot sur le plateau mobile d'une presse hydraulique. On fait alors mouvoir la pompe, et les cylindres de bois aplatissent fortement les rôles contre les parois des moules dans lesquels ils sont enfermés. Quand il est sorti une certaine quantité de jus de tabac, le presseur juge l'opération terminée, ôte les rôles de dessous la presse et les enlève des moules.

4° **Ficelage.** Les rôles reviennent à l'atelier des rôleurs, où l'on enlève les che-

villes et où l'on place une ficelle plombée à travers le trou central laissé par la place de cette cheville.

5° **Mise à l'étuve.** Les rôles sont enfin portés à une étuve, entretenue par un courant d'air chaud à une température de 40 degrés centigrades. Après quelques jours de séjour dans l'étuve, ils sont suffisamment secs pour qu'on les transporte au magasin d'exposition.

La fabrication des rôles menus filés prend seule un certain accroissement. En 1844, les différentes manufactures ont livré :

	Rôles menus filés.	Gros rôles.	Rôles à prix réduits.
Morlaix	1,745 kil.	22,994 kil.	» »
Bordeaux	7,505	» »	» »
Tonneins	624	1,389	» »
Lille	1,610	22,539	20,317
Strasbourg	940	55,999	13,733
Lyon	1,695	25,736	» »
Paris	32,101	108,489	» »
Totaux	45,509 kil.	237,126 kil.	34,050 kil.

Fabrication des carottes. — Autrefois la fabrication, tant des carottes à pulvériser ou à râper, que des carottes à fumer, était très-importante ; la supériorité incontestable que possèdent la poudre et le scaferlati sur leurs anciens rivaux, feront bientôt disparaître les carottes, dont la seule image servira encore désormais à indiquer au chaland l'entrée d'un débit de tabac. Les carottes à pulvériser, rangées parmi les tabacs supérieurs, et qui sont faites avec des feuilles de Virginie, ont presque disparu. Voici l'état de fabrication des carottes en 1844 :

	Carottes à pulvériser.	Carottes à fumer.
Morlaix	64 kil.	426,000 kil.
Tonneins	4,064	22,396
Paris	168	» »
Totaux	4,296 kil.	448,396 kil.

La fabrication des carottes ne diffère de la fabrication des rôles, qu'en ce que au lieu de mettre en rôles on met en carottes ; le rôlage est remplacé par le carottage. Les ouvriers déroulent le tabac de dessus le rouet, le coupent par bouts égaux, rassemblent les bouts au nombre de huit dans un moule, et les soumettent à une forte compression pendant vingt-quatre heures. Au sortir des presses, les carottes sont tirées de leurs moules, ficelées et rognées par les deux bouts.

Fabrication du scaferlati ou tabac a fumer haché — On distingue deux espèces de scaferlati, le scaferlati étranger ou supérieur en maryland, varinas et levant, et le scaferlati ordinaire dit *caporal*, sans compter le scaferlati de cantine ou à prix réduit. Le scaferlati ordinaire est fait au moyen du mélange de feuilles de choix indigènes du Bas-Rhin et du Pas-de-Calais, et étrangères de Maryland, Hongrie, etc. Les mélanges sont effectués à la mouillade,

Les opérations spéciales à cette fabrication sont : le hachage, la torréfaction, le séchage, et enfin la mise en paquets.

1° **Hachage.** Depuis un certain nombre d'années, les anciennes machines à bras

de de Parcieu ont été remplacées par des machines bien supérieures mues par la vapeur ou des cours d'eau. Les feuilles de tabac sont entassées par un ouvrier, dans une coulisse où elles sont entraînées par une toile sans fin, recevant un mouvement discontinu, de même sens, calculé de telle sorte que la masse des feuilles avance juste de la quantité convenable, pour qu'un couteau animé d'un mouvement de va-et-vient et guidé dans des coulisses, tranche constamment en descendant la même épaisseur de feuilles. Le couteau remonte sans produire d'effet; en ce moment, la toile sans fin a fait avancer le tas de feuilles qui sont coupées de nouveau en minces filaments par la descente du couteau. Il est évident qu'on aurait pu s'arranger de manière à avoir des couteaux à deux tranchants, hachant en montant et en descendant.

2° **Torréfaction.** Il est important, pour que la fumée du tabac conserve l'arome aimé des consommateurs, que le scaferlati fermente le moins possible. Or, on sait que la meilleure manière de *tuer les ferments* est de coaguler la matière fermentescible par une chaleur d'au moins 60°. C'est ce qui a conduit à soumettre le tabac haché à la torréfaction qui ne se fait pas d'une manière identique dans toutes les manufactures. Tantôt on fait séjourner durant quelques minutes le tabac sur des tuyaux juxta-posés et formant de longues tables, dans lesquels passe la vapeur produite par une chaudière à une pression de quatre à cinq atmosphères. Tantôt on se contente de projeter rapidement le tabac sur des plaques de tôle chauffées à une température voisine du rouge Dans l'un et dans l'autre cas, le tabac dégage un principe âcre et piquant qui fait pleurer les yeux. Quand la torréfaction a été bien conduite, le tabac ne peut plus fermenter que fort difficilement et dans le cas seulement où il séjourne quelque temps en tas considérables. C'est malheureusement le cas habituel dans les manufactures françaises à cause de leur petit nombre et de l'énorme quantité de produits qu'elles doivent fournir.

3° **Séchage.** Au sortir de la torréfaction, le scaferlati est porté dans des séchoirs entretenus, quand il en est besoin, par des courants d'air chaud à une température de 16 à 20°. Il est posé sur des claies serrées où on le retourne souvent jusqu'à ce qu'il soit sec. Alors on le livre à des ouvrières qui l'étendent sur des tables à claires-voies où elles le purgent des morceaux de côtes trop gros et autres matières étrangères qui, si elles s'y trouvaient, feraient crier le consommateur. Elles font aussi tomber les filaments réduits en poussière et provenant d'une torréfaction trop vive, car le fumeur ne voudrait point le mettre dans sa pipe.

4° **Empaquetage.** L'atelier de l'empaquetage est celui où les ouvriers sont forcés de développer la plus grande activité; enfants et hommes y sont continuellement agités de mouvements rapides qui produisent sur le spectateur le plus singulier effet. Nous allons essayer d'en donner une idée.

Le tabac est apporté dans des mannes et déposé sur une claie d'osier à hauteur d'appui; à côté se trouve une balance où un ouvrier pèse le tabac d'une manière continue (on fait ensemble tous les paquets de même poids, soit de 1,000 ou de 500 grammes pour le scaferlati ordinaire; de 500, 250 ou 125 grammes pour le scaferlati étranger). Le peseur fait tomber le tabac dans des vases en fer-blanc ouverts en dessus et sur l'une des faces latérales; un enfant qui sert à la fois quatre empaqueteurs, prend ces vases et les jette sur la table autour de laquelle sont rangés ces derniers. Chacun de ceux-ci prend le papier d'enveloppe, le place sur un mandrin d'un volume égal à la capacité intérieure que doit avoir le paquet, en repliant à l'une de ses extrémités le papier, comme on a l'habitude de le faire; il jette alors le mandrin, entouré de papier, dans un trou pratiqué dans un bloc placé à côté de la table;

retire le mandrin, verse le tabac dans le sac tout formé, presse avec les poings, puis avec le mandrin, replie le papier de manière à fermer le sac, le retire, et cachète avec de la cire rouge, toujours fondue au milieu de la table au moyen d'un tuyau où passe de la vapeur; en entourant le papier sur le mandrin et formant le côté opposé avant de le placer dans le bloc, il avait également cacheté avec de la cire. Toutes ces opérations ne prennent guère plus d'une minute à l'empaqueteur.

Les paquets sont ramassés par un enfant et mis dans une manne mobile sur des roulettes pour être portés à un autre enfant colleur de vignettes. Ce dernier étend sur une planche douze vignettes, dont la longueur est telle qu'elles enveloppent un paquet dans le sens le plus long; il passe dessus de la colle au moyen d'une brosse, et ensuite, en moins d'une minute, les douze vignettes sont collées par une manœuvre si rapide qu'on voit à peine chaque paquet passer entre les mains de l'enfant, et se recouvrir de la vignette.

Le contre-maître de l'atelier vérifie le poids de quelques-uns des paquets pris au hasard; s'il ne trouve pas le poids voulu avec une tolérance de 5 grammes en plus ou en moins, il fait refaire les paquets. Cette vérification est de rigueur, car les paquets seront dorénavant livrés au consommateur sans nouvelle constatation de poids.

Les paquets sont enfin emportés au magasin des expéditions dans une manne que font rouler deux enfants en courant.

Les différentes manufactures ont livré, en 1844, aux magasins d'expéditions pour l'approvisionnement des entrepôts, les quantités de scaferlati suivantes :

	Étranger.	Ordinaire.	De cantine.
Morlaix	1,025 kil.	623,300 kil.	» »
Toulouse	1,580	367,400	» »
Bordeaux	2,641	278,625	28,750 k.
Tonneins	760	131,400	» »
Lille	222	166,240	2,737,470
Strasbourg	810	114,145	1,435,570
Lyon	2,249	1,199,590	355
Paris	31,607	1,731,276	» »
Le Havre	951	611,893	» »
Totaux	41,845 kil.	5,223,869 kil	4,202,145 kil.

Fabrication des cigarettes. — La régie a cherché depuis 1843 à exploiter cette nouvelle branche de produits. Il est évident qu'elle obtiendrait des revenus assez considérables, si elle pouvait empêcher les fumeurs de fabriquer eux-mêmes les cigarettes et de garder les bénéfices qu'ils procureraient à la régie en achetant celles qu'elle vend si cher. Mais la fabrication des cigarettes est si facile pour le fumeur, qui n'a qu'à rouler le tabac dans du papier, entre ses doigts; elle est d'une si grande complication, en comparaison, pour la régie qui doit s'arranger de manière à pouvoir garder longtemps les cigarettes en magasin, et les soumettre à des transports qui les brisent, que nous doutons qu'elle puisse jamais devenir importante.

Le kilogramme contient 1,000 cigarettes; il en est de deux sortes, à 5 c. et 7 c. 5, ou bien à 50 et à 75 fr. le kil. Les cigarettes à 5 c. sont faites en grande partie avec les débris qui tombent des claies dans la fabrication du scaferlati étranger et ordinaire; les autres sont plus soignées et sont faites avec les tabacs hachés du Levant et de Maryland mélangés.

Le principe de la fabrication est bien simple ; il consiste à enrouler le papier sur un moule en bois, mis à la suite d'un petit morceau de bois creux qui sert à maintenir la cigarette. Le tout est placé dans un petit bloc creux. L'ouvrière enlève le moule et refoule le tabac ; elle plie et colle alors l'extrémité libre du papier.

On a essayé de faire le papier avec des côtes de tabac, afin de ne donner au fumeur ou consommateur que du tabac. Cette tentative n'a pas réussi.

La fabrication des cigarettes n'est encore établie qu'à la manufacture de Paris, qui, en 1844, en a livré au magasin d'expéditions 10,359 kilogrammes.

Fabrication du tabac en poudre. — Autant on s'attache à empêcher toute fermentation dans la fabrication du scaferlati, autant au contraire on recherche les circonstances qui peuvent la favoriser dans la fabrication de la poudre. Comme il n'existe en France que dix manufactures pour fabriquer les 17 millions de kil. de tabac que l'on y consomme actuellement dans une année, la manutention porte sur de grandes quantités, et l'on est par conséquent dans de bonnes conditions pour obtenir une pleine fermentation, et par contre, il doit être difficile d'éviter complétement tout phénomène de cette espèce. On peut attribuer à cette circonstance l'infériorité que présente souvent le tabac de la France devant les tabacs des pays étrangers où la fabrication étant libre, elle ne saurait être concentrée dans des manufactures aussi peu nombreuses et aussi considérables que les nôtres. Cette même raison explique complétement encore la supériorité bien établie du tabac à priser français sur tous les tabacs en poudre d'Europe. Ce qu'il y a même de remarquable, c'est que la poudre dite étrangère, qui est vendue comme tabac supérieur, est souvent bien moins bonne que la poudre ordinaire, ce qui provient toujours de ce que la qualité du tabac de choix dont elle est composée ne compense pas l'infériorité d'une fermentation faite au moyen de moindres quantités.

Le tabac en poudre ordinaire se compose essentiellement avec 70 ou 75 p. 100 de tabacs indigènes du Lot, Lot-et-Garonne, Nord, etc. ; et de 30 à 25 p. 100 de tabacs étrangers de Virginie, Kentucky, etc. On y mélange en outre toutes les feuilles légères qui ont déjà subi un commencement de fermentation et qui sont impropres à la fabrication du scaferlati, des rôles ou des cigares ; on y met enfin tous les tabacs provenant des saisies.

Les feuilles, après la mouillade, sont soumises aux opérations successives suivantes : le hachage, la fermentation en masses, le moulinage, le tamisage, la fermentation en cases, et la mise en tonneaux ou en paquets.

1° **Hachage.** Le hachage des feuilles destinées à la poudre se fait d'une manière bien moins parfaite que pour le scaferlati, mais aussi bien plus rapide. Il suffit effectivement que le tabac soit haché cinq ou six fois plus gros, et au lieu d'employer un seul couteau, se mouvant d'un simple mouvement de va-et-vient rectiligne, on se sert de plusieurs couteaux rangés sur la surface d'une roue cylindrique rapidement mobile autour de son axe ; sa surface vient frotter contre les feuilles entassées et amenées par une toile sans fin. Le tabac haché retombe dans l'intérieur de la roue et descend á un étage inférieur.

2° **Fermentation en masses.** Le tabac est alors soumis aux mélanges des diverses sortes arrêtées par le conseil supérieur de l'administration et porté dans la salle des masses. Une salle contient de sept à huit masses ; ce sont des tas formés de 20 à 40 mille kilog. occupant presque toute la hauteur de la salle, dont les parois et le plancher sont en bois de chêne ; 40 ou 50 centimètres sont seulement réservés entre le plafond et la surface supérieure des masses, et un étroit corridor règne le long de la

salle qui est constamment fermée. Le tabac est tassé assez fortement par les massiers, et au centre on place un tube creux en bois dans lequel descend un thermomètre. Il est bien de mêler au tabac du centre une certaine portion de tabac étant déjà en train de fermenter, afin de hâter la fermentation nouvelle et d'accélérer ainsi la fabrication de la poudre qui demande souvent jusqu'à quinze mois. Au bout de dix à quinze semaines, la température atteint 70 à 80° ; il s'est dégagé une très-grande quantité de carbonate d'ammoniaque et de carbonate de nicotine, et presque tout l'acide du tabac a disparu. Le carbonate d'ammoniaque constitue le montant du tabac. L'air ne doit jouer aucun rôle dans le phénomène qui se passe alors. Quand l'air pénètre dans les masses, la fermentation devient acétique.

Par des visites fréquentes on constate les températures successives que prennent les masses, et on surveille la marche de la fermentation. La chaleur produite est si grande, que le tabac serait souvent carbonisé et amené à l'état d'humus, si on ne soignait pas suffisamment les masses, et si on n'y pratiquait pas des tranchées pour abaisser la température quand elle s'élève trop rapidement.

3° **Moulinage.** Le tabac provenant des masses est porté dans des moulins où il est réduit en poudre. Un moulin est formé d'abord d'un cône en fonte creux, placé la base en haut et le sommet en bas ; la surface interne du cône est couverte de rainures héliçoïdales aboutissant au sommet et présentant des lames en relief. Un cône plein placé en sens inverse est mobile autour de son axe d'un mouvement de rotation alternatif, et vient ainsi faire appuyer contre les lames en relief du premier cône d'autres lames héliçoïdales et obliques aux plans passant par l'axe du cône et les arêtes. Le tabac devenu assez friable par la fermentation est ainsi serré et desserré dans les rainures du cône fixe. La poudre s'écoule par le sommet inférieur du cône fixe, percé d'une ouverture convenable.

4° **Tamisage.** Des moulins, le tabac tombant sur un plan incliné, descend sur des tamis animés d'un double mouvement de va-et-vient continuel par des excentriques convenables mus par la machine motrice de la manufacture. La poudre d'un grain convenable passe à travers le tamis et tombe sur une toile sans fin qui l'entraîne sur un plan incliné d'où elle descend vers les cases. Le tabac non suffisamment pulvérisé reste sur le tamis d'où il est rejeté par le mouvement de secousse latérale, et il est repris pour repasser aux moulins.

5° **Fermentation en cases.** Les cases sont des cellules de 20 à 30 mètres cubes fermées de toutes parts par des planches et des madriers de chêne où on case la poudre qui s'y entasse en masses de 20 à 35 mille kilog. Au centre se trouve aussi un tube creux où descend un thermomètre. Au bout de deux ou trois mois la température commence à s'élever; elle a atteint 40° environ, après sept ou huit mois. Alors cette seconde fermentation, qui a surtout pour but de développer l'arome du tabac, est complète. On défait la case par une porte latérale et on enlève le tabac dans des sacs.

6° **Mise en tonneaux ou en paquets.** On porte le tabac dans une espèce de grand bassin en bois où on brise les sortes de mottes qui se sont agrégées, et on l'enlève par une noria sur des tamis d'où il sort pour être mis en tonneaux, ou en paquets ayant les poids déterminés par les demandes des entreposeurs. On ne fait de petits paquets que pour le tabac étranger. On le met aussi dans de grands tonneaux pour le conserver quelque temps dans le magasin des expéditions. Enfin on fait quelquefois des mélanges de différentes sortes de tabacs pour satisfaire les goûts de certains consommateurs.

Les diverses manufactures ont livré, en 1844, les quantités suivantes aux magasins des expéditions :

	Poudre étrangère.	Poudre ordinaire.	Poudre de cantine.
Marseille.............	800 kil.	400 kil.	» »
Morlaix..............	40	478,802	» »
Toulouse...	425	870,545	» »
Bordeaux.............	290	562,336	» »
Tonneins.............	340	327,012	» »
Lille..................	15	351,469	192,886
Strasbourg...........	283	233,987	352,007
Lyon................	2,435	573,104	740
Paris................	11,853	2,240,778	» »
Le Havre............	69	646,188	» »
Totaux...........	16,550 kil.	6,284,621 kil.	545,633 kil.

Des tabacs de cantine. — La fabrication des tabacs de cantine, ou à prix réduits, ne diffère de celle des tabacs ordinaires, qu'en ce que l'on n'y emploie que des tabacs indigènes ou des tabacs étrangers de qualité tout à fait inférieure, et qu'en ce qu'on y mélange les 600,000 kilog. de côtes provenant annuellement de l'écotage des tabacs étrangers. En 1844, il a été livré par les manufactures 4,781,828 kilogr. de tabacs de cantine, soit 27 p. 100 de la production totale.

Frais totaux de fabrication. — Pour fabriquer la totalité de 17,520,893 kil. de diverses sortes, livrées en 1844 par les ateliers des dix manufactures de France, il a été dépensé :

En traitements..	479,007 fr.
En frais de main-d'œuvre et fournitures de toutes espèces...	4,011,917
Total............	4,490,924 fr.

soit 24 fr, 08 c. par 100 kilogr.

4,083 ouvriers ont été employés dans les manufactures et ont reçu en gages et en salaires 2,521,339 fr., soit pour la journée moyenne, sur 52,560 journées de présence, 4 fr. 02 c. Il reste pour les salaires 2,309,668 fr., qui, à raison de 3,937 ouvriers salariés, donnent pour le salaire annuel de chacun d'eux 586 fr. 05 c., ou par journée moyenne, à raison de 309 jours de travail par an, 1 fr. 90 c.

Consommation individuelle. — Nous avons vu que la France consomme maintenant plus de 17 millions de kil. par an. En calculant la consommation individuelle, on trouve par tête, en 1844, 511 grammes; en rapprochant ce résultat de la consommation étrangère, on reconnaît qu'un Français consomme autant de tabac qu'un Russe, deux fois plus qu'un Italien, mais trois fois moins qu'un Allemand ou un Hollandais, et quatre fois moins qu'un Belge.

Sur le total de 511 grammes consommés par tête en France, il y a 198 gr. de tabac à priser et 313 de tabac à fumer, c'est-à-dire que l'habitude de fumer est à celle de priser comme 158 est à 100. Cette proportion est bien loin d'avoir toujours existé, car, d'après M. de Necker, la consommation individuelle totale était, sous le régime de la ferme, en 1783, de 320 à 375 grammes. Et la consommation du tabac à fumer n'était que le 1/12e de la totalité du tabac vendu, c'est-à-dire de 30 gr. environ. La différence de proportion indique quel changement de goût s'est opéré; la quantité individuelle de tabac à priser n'a pas augmenté, tandis que celle du tabac à fumer a plus que décuplé.

La consommation individuelle varie d'ailleurs considérablement d'un département à un autre. Les départements où elle est la plus grande sont les suivants :

	Tabac à priser.	Tabac à fumer.	Totaux.
Pas-de-Calais	169 gr.	1,436 gr.	1,605 gr.
Nord	134	1,430	1,564
Seine	539	724	1,263
Haut-Rhin	272	878	1,150
Bouches-du-Rhône	320	826	1,146
Bas-Rhin	262	638	900

Les départements où elle est la plus faible sont :

Aveyron	108 gr.	40 gr.	148 gr.
Lozère	115	45	160
Charente	130	45	175
Tarn	126	49	175
Haute-Loire	85	90	175
Ariège	127	53	180
Gers	123	61	184
Lot	152	39	191
Deux-Sèvres	138	60	198

Il résulte de ce rapprochement ce fait très-remarquable que dans les départements où la consommation individuelle est la plus forte, la consommation du tabac à fumer l'emporte de beaucoup sur celle du tabac à priser, tandis que précisément le contraire se présente dans les départements où la consommation individuelle est la plus faible. C'est que l'usage du tabac à priser est celui que l'on prend le plus facilement et doit par conséquent dominer dans les contrées où la passion du tabac n'a pas encore pénétré. Lorsque, au contraire, on a vaincu le premier effort que demande l'usage de la pipe et du cigare, le goût du tabac à fumer ne tarde pas à devenir dominant. D'autre part, l'usage du tabac à priser est en quelque sorte l'apanage de la vieillesse, et dès lors cet usage prend très-peu d'extension. L'usage du tabac à fumer, adopté par la jeunesse et l'âge mûr, se répand beaucoup plus et s'accroît surtout dans les départements industriels où se trouvent réunis un grand nombre d'hommes voués aux travaux des manufactures. C'est à peine si de 1836 à 1844, en 9 ans, la consommation du tabac à priser s'est accrue de 700,000 kil., tandis que celle du tabac à fumer s'est accrue de plus de 3 millions de kilogrammes. »

DESCRIPTION DU MÉCANISME DES MOULINS

REPRÉSENTÉS PL. 1re.

Les fig. 1 et 2 du dessin pl. 1re représentent, en élévation et en plan, une série de 4 des moulins qui sont disposés parallèlement sur de longues lignes au premier étage de l'établissement.

La fig. 3 montre sur une plus grande échelle une section transversale faite suivant la ligne 1-2 du plan.

On voit aisément par ces figures que la commande principale a lieu au moyen d'un grand arbre de couche en fonte A, composé de plusieurs par-

ties réunies par des manchons B et supportées de distance en distance par des collets ou coussinets ajustés sur des chaises en fonte ; cet arbre porte une suite de pignons d'angle C, à dents de fonte qui engrènent avec des roues d'angle plus grandes D à dents de bois, lesquelles sont ajustées et fixées sur les arbres verticaux en fer E, auxquels elles transmettent ainsi un mouvement de rotation continu.

Ces arbres tournent sur pivot dans les poëlettes à consoles F qui sont boulonnées contre les cadres ou châssis G, fondus avec les grandes colonnes H, et ils sont retenus vers leur partie supérieure par les coussinets ajustés dans les paliers qui terminent les arcs en fonte à nervures I.

Deux poulies J, J′, fondues ensemble avec les mêmes bras et le même moyeu, sont ajustées sur chacun des arbres verticaux pour commander à la fois deux moulins. Comme on était limité pour la hauteur et qu'il fallait, par conséquent, ménager la place le plus possible, afin que les courroies fussent toujours au-dessus de la tête des hommes, M. Rudler s'est arrangé pour que l'engrenage d'angle D se trouve entièrement logé dans la hauteur de la poulie J′, comme on le voit bien sur la fig. 3.

Chacune des deux poulies J, J′ commande donc deux poulies semblables, mais séparées K, K′, ajustées et fixées sur les arbres en fer L parallèles aux premiers, tournant comme ceux-ci sur des pivots ajustés dans les poëlettes en fonte F′ et retenues à la partie supérieure par des coussinets dont les paliers sont boulonnés à l'entablement en fonte M ; celui-ci forme une sorte de cadre ou de châssis horizontal qui se prolonge sur toute la ligne des moulins et qui, de distance en distance, est supporté par des châssis en fonte à deux colonnes N boulonnés, d'une part, par des brides ou pattes à nervures O aux poutrelles en charpente P qui supportent le plancher, et, de l'autre, sur le parquet même de l'étage. A ce châssis se relie en avant le petit bâtis vertical Q, qui est également en fonte et à nervure, afin de porter la série de moulins placés sur la même ligne.

On voit, par ce qui précède, que le problème à résoudre par M. Rudler était donc d'établir le nouveau mouvement, sans déranger l'arbre de couche principal, ni les moulins qui ont été établis, dès 1826, par MM. Manby et Wilson à Charenton.

Comme dans les moulins à blé, les poulies de commande, ainsi que les poulies commandées, sont sans joues ; les courroies *c*, *c′* qui les embrassent ne transmettent le mouvement qu'à l'aide de tendeurs qui ne sont autres que des galets, ou petites poulies en fonte R, R′, ayant une joue à leur partie inférieure, et mobiles sur les goujons verticaux *b* qui les tiennent suspendues à la hauteur même des courroies, vers l'extrémité des leviers en fonte S, S′, lesquels ont pour points d'appui, ou centres d'oscillation, les axes verticaux mêmes L. Mais comme ils ne doivent pas tourner avec ceux-ci, des coussinets ou douilles en cuivre sont rapportés à leur centre afin de les rendre entièrement libres ; chacun de ces leviers se termine par une tige en fer prolongée *a*, *a′*, afin de se relier au moyen des

cordes d et d' à une sorte de petit treuil à rochet f, dont on voit le détail sur les fig. 4 et 5. Ces cordes, en passant sur les poulies de renvoi e, e', fig. 2, et en venant s'enrouler sur la circonférence des cylindres f, forcent les leviers à occuper la position indiquée sur le plan général (fig. 2), et, par suite, obligent les galets R et R' à tendre les courroies motrices sur les poulies K, K'.

On maintient cette tension au degré convenable en engageant les cliquets d'arrêt g (fig. 4 et 5) dans les dents des roues à rochet. Lorsqu'au contraire on veut arrêter un moulin, et par conséquent la commande correspondante, il suffit de dégager le cliquet et de détourner le treuil f au moyen de la petite manivelle appliquée sur son axe.

M. Rudler est le premier qui ait eu ainsi la pensée de placer le levier du tendeur de manière à avoir son point d'oscillation autour de l'arbre vertical même qui porte la poulie commandée, disposition avantageuse qui, en supprimant un axe et un support spécial, a le mérite de tenir le galet tendeur constamment à la même distance de la circonférence de la poulie, tout en permettant de faire envelopper la courroie autant qu'on peut le désirer, ce qui n'a pas lieu lorsque le levier prend son point d'appui en dehors, comme on l'a toujours fait dans les moulins et autres appareils marchant par courroies.

Lorsque les courroies ne sont pas tendues, pour qu'elles ne tombent pas et qu'elles ne puissent sortir du plan des poulies de commande, on rapporte vers la circonférence extérieure de celles-ci des mentonnets h qui sont préablement ajustés sur des tiges verticales i, fixées à des oreilles venues de fonte à la partie supérieure des arcs à nervure I. Des mentonnets semblables h' sont également placés à l'extérieur des poulies commandées et rapportés sur les tringles verticales i', qui sont boulonnées à l'entablement M. Celles-ci portent aussi les chapes des poulies de renvoi e' (fig. 2), tandis que celles des poulies e sont tenues à la tringle horizontale T, laquelle est supportée à la hauteur convenable par les chaises en fonte U.

Au sommet des arbres verticaux L sont rapportés les plateaux ou disques en fonte V, qui portent chacun vers leur circonférence un bouton comme celui d'une manivelle, afin de recevoir par articulation la tête des bielles en fer X, qui par leur autre extrémité s'assemblent également par articulation aux manivelles Y, ajustées et fixées au sommet des arbres verticaux Z. Or, comme la longueur de ces manivelles est plus grande que la distance qui existe entre le centre des plateaux V et leurs boutons, il est évident que lorsque ceux-ci décrivent une circonférence entière les manivelles ne peuvent parcourir que des arcs de cercle; par conséquent, leur mouvement est circulaire alternatif, tandis que celui des arbres verticaux L est entièrement continu. C'est exactement l'effet que l'on s'est proposé d'obtenir, puisque, comme nous l'avons dit, les noix de chaque moulin doivent, pour ne pas s'engorger, déchirer et broyer les matières par un mouvement de va-et-vient.

Les fig. 3, 6 et 7 montrent bien la construction d'un de ces moulins; elles font voir qu'il se compose d'une cloche ou boisseau en fonte A′, de forme conique, reposant par sa plus petite base sur le bâti Q et renfermant à l'intérieur une série de lames ou couteaux plats *l*, séparés par autant de coins en bois *m*, qui ajustés avec force, les tiennent parfaitement serrés.

La noix qui doit tourner dans l'intérieur de ce boisseau conique se compose d'une douille en fonte B′ ajustée et retenue sur son arbre vertical Z par une clavette; à sa base est ménagée une feuillure ou gorge circulaire, dans laquelle repose la partie inférieure des coins en bois *n* qui maintiennent l'écartement des couteaux ou lames en acier *o* dont l'arête extérieure forme un cône correspondant à celui qui est engendré par les arêtes des premières lames fixes *l*. La coïncidence entre ces deux surfaces coniques, n'est pas complète sur toute la longueur des génératrices ou des lames. On voit par la fig. 3, que celles-ci, disposées pour le boisseau dans des plans verticaux passant par l'axe, et, sur la noix suivant des plans inclinés aux premiers, sont arrondies vers la partie supérieure, afin de former une entrée aux substances à broyer, puis elles se rapprochent de plus en plus, en descendant vers la base inférieure, de telle sorte que le tabac déchiré d'abord vers le haut, se trouve successivement réduit en poudre, à mesure qu'il arrive à la partie inférieure.

La substance arrive de l'étage supérieur, par des conduits C′ qui traversent des ouvertures circulaires D′, ménagées dans les renflements qui sont venus de fonte avec l'entablement M. Ces tuyaux de toile sont coniques, la plus grande base en bas, afin qu'ils ne puissent *gaver* ou s'engorger, dès que la marchandise y est introduite. Une enveloppe en toile E′ qui se relie à la base de ces conduits vient recouvrir le boisseau de chaque moulin, afin d'éviter l'évaporation extérieure.

La disposition des pivots de chacun des arbres verticaux Z n'est pas semblable à celle des arbres précédents; retenus par le haut dans les paliers G′. ces arbres traversent par leur partie inférieure, qui est aciérée, la douille F^2, qui leur sert simplement de guide, et ils reposent sur une crapaudine mobile *p* (fig. 3, 6 et 8), laquelle porte par ses deux tourillons à l'extrémité d'un levier à contre-poids *q*; celui-ci s'assemble à charnière à la bride *r*, suspendue à la poêlette F^2. Par cette disposition, le poids ou la charge de l'arbre Z et de sa noix agit au degré voulu sur la matière à broyer, puisque ces pièces sont en partie tenues en équilibre par le contrepoids rapporté vers l'extrémité du levier, et qui se rapproche ou s'éloigne selon la nature du tabac à râper. Cette disposition a aussi l'avantage de permettre de dégager facilement un moulin, lorsqu'un obstacle comme un clou, par exemple, y est tombé, parce qu'il suffit d'appuyer sur le levier pour soulever la noix et son axe d'une petite quantité.

La vitesse de rotation des arbres verticaux L qui commandent chaque moulin est de 52 révolutions par minute; par conséquent, les noix B′ vont et viennent sur elles-mêmes autant de fois dans le même temps. Or, comme

le diamètre moyen de ces noix est d'environ 0m 36, ce qui correspond à une circonférence de 1m 13, il en résulte que leur vitesse moyenne par seconde sera de 98cent. si la rotation a été complète ; en la supposant seulement à un tiers elle se réduirait à 32cent. 6.

La quantité de tabac moulue par journée de 12 heures, est de 410 à 420 kilogrammes pour chaque moulin, ce qui correspond à un travail moyen de 35 kilogrammes par heure.

On estime, en outre, que la force absorbée par chaque moulin, avec les mouvements nécessaires, est d'environ 100 kilogrammètres, soit 1 cheval 1/3 vapeur.

TREUIL A FREIN

OU

APPAREIL POUR DESCENDRE LES CAISSES PLEINES,

Par **M. RUDLER.**

(FIG. 9 ET 10 PLANCHE 1.)

Le tabac qui arrive en feuilles à la manufacture, en sort tout fabriqué, soit comme tabac à priser, soit comme tabac à fumer ; et il est chargé dans de grandes caisses ou des tonneaux qui peuvent en contenir chacun 250 à 300 kilogrammes.

Pour descendre ces caisses des divers étages où elles ont été remplies, M. Rudler a appliqué dans les combles de l'établissement des appareils d'une disposition très-simple, et surtout d'une main-d'œuvre très-facile qui n'est pas susceptible d'occasionner des accidents, malgré la charge et la vitesse avec laquelle elle tend à descendre.

Ces appareils consistent, comme on peut le voir par les fig. 9 et 10 de la pl. 1re, en un tambour en fonte A, terminé à chaque bout par une joue, et monté sur un axe horizontal en fer B, qui peut tourner librement dans les coussinets ajustés à la partie inférieure des chaises de fonte C, lesquelles se boulonnent aux deux poutrelles D, et sont en outre reliées par des entretoises en fer E.

Deux cordes F auxquelles on doit suspendre la charge à descendre, se fixent par un bout vers les joues du tambour et s'enroulent en sens inverse, de manière que lorsque l'une descend avec sa charge, l'autre remonte à vide.

Une poulie en fonte et à joues G, ajustée sur le même arbre B, près de l'une des extrémités du treuil, est embrassée sur presque toute sa circonférence, par le frein H qui n'est autre qu'une lame d'acier mince attachée

par ses deux extrémités en *a* et *b* au levier en fer I, lequel a son point d'appui sur le tourillon ou goujon *c* et se termine d'un bout par une boule J faisant contre-poids, qui tend sans cesse à serrer le frein, et de l'autre par une longue tige I′ à laquelle s'adapte la tringle verticale K.

Il résulte de cette disposition, que lorsque la caisse que l'on veut descendre est attachée à l'une des cordes F, si on tire la tringle, comme pour soulever le contre-poids, le frein se détend, par suite la poulie G devient libre, elle peut alors tourner, ainsi que le tambour, et la caisse descend naturellement par son propre poids. Mais afin que ce mouvement descensionnel ne se fasse pas trop rapidement, l'homme chargé du service a le soin de ne tirer la tringle que très-peu, afin de faire en sorte que le contre-poids J ait toujours une certaine action sur le frein, pour produire un frottement suffisant contre la surface de la poulie à gorge, sans néanmoins l'arrêter complétement.

Si par inattention ou par toute autre cause, l'ouvrier abandonnait la tringle pendant l'opération, il ne pourrait rien arriver de fâcheux, puisqu'alors le contre-poids devenu libre agirait complétement sur le frein et ne tarderait pas, par suite, à arrêter la rotation de la poulie et du tambour, et par conséquent la marche de la caisse.

Ainsi, on voit que M. Rudler a réellement, par ce mécanisme, renversé le système ordinaire des freins appliqués sur les treuils ou les grues propres à élever ou à descendre les charges, puisqu'au lieu de faire agir le frein par l'homme chargé du service, lorsque le fardeau suspendu à la corde est abandonné à lui-même, c'est au contraire le levier à contre-poids qui fonctionne et modère la rapidité de la descente qu'il peut même arrêter complétement. De sorte que l'on prévient véritablement les accidents.

Une telle disposition est d'autant plus heureuse qu'elle n'occasionne aucune perte de temps, puisque lorsque l'une des cordes descend avec la charge, l'autre monte en même temps; nous la croyons susceptible d'être employée avec avantage dans bien des établissements industriels.

GRAISSE POUR LES DENTS EN BOIS DES ENGRENAGES.

Les dents en bois des engrenages se conservent parfaitement en les graissant avec du suif mélangé de 1/10 de poudre de verre passée par un tamis très-fin. On remarquait en démontant un moulin qui avait marché continuellement pendant 9 ans, que les dents graissées de cette manière étaient parfaitement bien conservées; les dents de la roue en fonte étaient polies, mais pas attaquées, ce qui n'arrive pas avec la graisse ordinaire qui oblige à changer les dents en bois tous les 4 à 5 ans, et remplacer les roues en fonte. (*Journal polytechnique de Dingler.*)

TIROIR DE DISTRIBUTION DE VAPEUR,

DIT A ÉQUILIBRE ET A SORTIE DIRECTE,

APPLICABLE AUX LOCOMOTIVES ET AUX MACHINES FIXES,

Par M. Hubert DESGRANGE,
Ancien Ingénieur du chemin de fer d'Amiens à Boulogne.

(PLANCHE 2, FIG. 1 A 5.)



Les machines à vapeur en général et les locomotives en particulier n'ont pas encore dit leur dernier mot au sujet des perfectionnements dont elles sont susceptibles. Quoique l'on ait beaucoup fait pour ces machines, surtout dans ces dernières années, tous les jours on remarque quelque amélioration nouvelle, soit dans la construction, soit dans la combinaison même de l'appareil, pour obtenir des résultats plus avantageux ou pour diminuer la consommation du combustible.

M. Desgrange, dont nous avons déjà eu l'occasion de parler, quoique jeune encore, a apporté son contingent dans ces divers perfectionnements, plus particulièrement appliqués aux machines locomotives. Nous allons faire connaître aujourd'hui une nouvelle disposition de tiroir qu'il vient d'appliquer à des locomotives du chemin de fer d'Amiens à Boulogne, et qui, nous en sommes persuadé, ne tardera pas à se répandre, par les avantages qu'il présente sur l'ancien système.

Ce nouveau mode de tiroir, pour lequel l'auteur s'est fait breveter le 10 mars 1851, permet de réaliser une économie notable dans la consommation du combustible, en remplissant trois conditions essentielles.

La première est la modification qui donne à la vapeur, après avoir produit son action sur le piston, la liberté de s'échapper directement dans l'atmosphère ou dans la cheminée, au moyen d'un passage pratiqué dans le tiroir même, sans être forcée de se détourner pour passer par un orifice de sortie pratiqué dans le cylindre, entre les deux lumières d'introduction, comme cela a toujours lieu dans les locomotives et en général dans les machines à vapeur.

La vapeur, s'échappant ainsi directement du cylindre en traversant le tiroir, sort de la tuyère de la locomotive avec plus de force et permet de donner à cette tuyère une section plus grande, d'où il résulte une diminution de la contre-pression de la vapeur derrière le piston, et une augmentation de puissance dans la machine.

La deuxième condition est la nouvelle disposition du cylindre à vapeur, qui, au lieu de comporter trois orifices, n'en a plus que deux, celui d'échappement étant dans le tiroir; de là, simplification dans le moulage et l'ajustement. Les deux orifices d'introduction peuvent alors être rapprochés d'environ la moitié de l'espace actuel; il en résulte une diminution de la même quantité dans la largeur du tiroir, et, par conséquent, une réduction de surface de frottement, ou une augmentation de puissance.

La troisième condition, enfin, est la possibilité de détruire en grande partie le frottement considérable qu'exerce le tiroir sur le siége du cylindre. En effet, en donnant à la garniture métallique destinée à empêcher la vapeur qui arrive dans la boîte de passer à l'échappement, une surface un peu inférieure à celle du tiroir, la pression exercée sur celui-ci n'est plus que la différence qui existe entre les deux surfaces opposées; de là encore une réduction notable de la force nécessaire pour mettre le tiroir en mouvement et une nouvelle augmentation de la puissance de la machine, ce qui doit être apprécié, puisque dans certaines locomotives la force dépensée pour manœuvrer les tiroirs va jusqu'à 9 à 10 chevaux.

La fig. 1[re] du dessin, pl. 2, représente en coupe verticale le nouveau système de tiroir appliqué par M. Desgrange à une locomotive à cylindres extérieurs, construite par MM. Buddicom et C[e], de Rouen. Ne voulant pas faire, pour un premier essai, les frais de remplacement d'un cylindre entier, M. Desgrange s'est servi des cylindres existants, tels que celui représenté sur la figure 2, en fermant simplement l'orifice d'échappement *a* par une plaque bien scellée et en conservant les deux lumières d'introduction *b* et *c*, dont les conduits se prolongent aux extrémités du cylindre A. Il a simplement alors remplacé la boîte de distribution B et son tiroir ordinaire C par la boîte B′ et le tiroir à jour C′ (fig. 1[re]).

La construction de ce nouveau tiroir et de la boîte dans laquelle il joue peut mieux se voir sur les détails fig. 3 et 4, qui les représentent en coupe longitudinale et en coupe transversale sur une plus grande échelle.

On voit, par ces figures, que le tiroir diffère essentiellement du système connu, d'une part, parce qu'il est entièrement ouvert à son centre afin de permettre à la vapeur qui a produit son action sur le piston de s'échapper directement du cylindre dans le tuyau de sortie F qui débouche, comme on sait, dans la cheminée, et, d'un autre côté, parce qu'il est surmonté d'une sorte de piston circulaire D, dont la base frotte constamment contre la surface plane et bien dressée du couvercle en fonte E qui ferme la boîte de distribution. Cette surface est exactement parallèle à celle du siége du cylindre.

Au fond de la gorge circulaire pratiquée à la circonférence du piston sont des ressorts en acier ou en caoutchouc vulcanisé qui forcent la virole ou la bague en fonte, ajustée sur ce piston, à s'appuyer constamment, pendant la marche, contre la surface du couvercle. Un cercle métallique, mince et bien écroui *d* (fig. 5), est disposé pour presser contre la surface exté-

rieure de la gorge ou de la rainure circulaire, afin d'empêcher toute communication et par suite toute fuite de vapeur.

Par cette disposition, la surface ou l'aire du piston qui est en contact avec le couvercle, et qui, par conséquent, reçoit, de la vapeur qui arrive dans la boîte de distribution par l'ouverture O, une pression de bas en haut, en sens contraire de celle qui est exercée sur la bride du tiroir et par conséquent sur le siége du cylindre. Si on s'arrange de manière que la surface de la bride soit un peu plus grande que celle opposée, le tiroir sera toujours forcé de s'appliquer sur le siége et ne laissera pas de fuites, quoique le frottement soit extrêmement réduit.

Il est inutile d'observer que dans une machine neuve, en construisant les cylindres exprès, avec la suppression de l'orifice *a* du milieu, on pourrait rapprocher notablement les lumières *b* et *c* (fig. 2), et, par conséquent, réduire d'autant la largeur du tiroir, ce qui diminuerait aussi les surfaces frottantes et la longueur de la boîte de distribution.

EXPÉRIENCES

FAITES AVEC L'APPLICATION DE CES TIROIRS ÉQUILIBRÉS ET A SORTIE DIRECTE (juin 1851).

Nous devons à l'obligeance de l'auteur la communication des premiers essais qui ont été faits sur deux locomotives (système Buddicom), auxquelles ce tiroir a été appliqué et dans lesquelles on a conservé les cylindres existants.

Dépôt d'Amiens. — Dépense de coke.

La moyenne de la dépense des machines ordinaires du dépôt d'Amiens a été de..	5 kil.	647	avec une charge de 8 voitures.
La moyenne de la dépense de la machine nº 5 à tiroirs équilibrés et sortie directe.	5	373	
Économie.	0	274	par kilomètre.

Soit 5 0/0.

Dépôt de Boulogne — Dépense de coke.

Moyenne de la dépense des machines ordinaires..............................	6 kil.	701	avec une charge de 11 voitures.
Moyenne de la dépense de la machine nº 25 à tiroirs équilibrés et sortie directe.....	6	160	
Économie.	0 kil.	541	par kilomètre.

Soit 8.07 0/0

Il est bon d'observer que l'économie doit être d'autant plus grande que la machine marche à une pression de vapeur plus élevée. C'est ce qui explique pourquoi avec une charge de 11 voitures dans le second cas, l'économie est plus forte que dans le premier cas avec une charge de 8 voitures.

Cette observation nous a paru essentielle à faire, car l'on tend tous les jours à élever la pression de la vapeur dans les locomotives pour permettre une détente plus considérable.

TURBINES HYDRAULIQUES

(SYSTÈME D'EULER),

PERFECTIONNÉES

Par **M. Edouard KRAFFT**, Ingénieur civil à Strasbourg,

ET CONSTRUITES

Par **M. GUILLEMIN**, fils, Mécanicien à Besançon.

(PLANCHE 2, FIG. 6 A 11.)

Depuis que l'on a compris les avantages que présentent les turbines hydrauliques, comme moteurs, dans toutes les localités où elles sont susceptibles d'être appliquées, un grand nombre d'ingénieurs et de constructeurs se sont occupés des modifications, des perfectionnements plus ou moins importants au système primitif proposé par le savant Euler, il y a aujourd'hui plus d'un siècle. Déjà dans le cours de cette publication, nous avons donné les divers systèmes le plus en usage et construits par des hommes connus; nous avons encore à faire connaître la disposition adoptée par M. Krafft, ingénieur fort habile dont nous avons eu l'occasion de parler en publiant plusieurs de ses travaux.

Associé depuis 1847, pour la construction de ces turbines, avec M. Guillemin fils, constructeur très-intelligent à Besançon, il s'est particulièrement adonné à ce genre de moteur; aussi depuis 1849, un grand nombre de turbines ont été demandées à cette maison et fonctionnent actuellement à la satisfaction générale.

Parmi ces turbines, nous avons remarqué celle de 27 chevaux établie à Laroche près de Montbéliard, sur une faible chute de 1^m60, celles de 80 chevaux, établies près de Soleure en Suisse, et une autre de 70 chevaux montée à Clairvaux, sur une chute plus considérable, de 11 mètres environ.

TURBINE DE SOLEURE. — Cette turbine, représentée en coupe verticale sur la fig. 6, pl. 2°, et en projection horizontale sur la fig. 7, où elle est en vue, partie en dessus des vannes et partie en dessus des directrices

et des aubes, n'a pas moins de 1m725 de diamètre extérieur sur 0m200 de hauteur.

L'eau y arrive par un adducteur ou conduit en bois de 4 mètres de large sur 0m96 de hauteur. Une vanne circulaire en fonte A placée à la partie inférieure et descendant jusque sur la plaque d'assise B, sert à interrompre au besoin le mouvement du moteur; cette vanne peut être élevée ou baissée à volonté au moyen de deux crémaillères droites dentées C, rapportées à la partie supérieure des tringles ou tiges verticales D; en s'élevant elles s'appuient contre le bord extérieur du cercle de fonte E, qui est assujéti par sa base sur plusieurs consoles ou supports F boulonnés sur la plaque d'assise et qui sert en même temps à porter le plateau en fonte G des directrices. Celles-ci sont fondues de la même pièce avec le plateau, et sont au nombre de vingt-quatre: de même la turbine proprement dite H n'est autre qu'une couronne avec laquelle sont fondues toutes les aubes, et elles se relient à l'arbre vertical I par un croisillon à quatre branches J.

On règle la puissance du moteur ou on proportionne cette puissance à la quantité d'eau disponible pendant les sécheresses au moyen d'un certain nombre de ventelles K, placées au-dessus des directrices de la couronne fixe G; ces ventelles ne sont autres que des clapets assemblés d'un bout par articulation avec les tiges obliques en fer L, qui se relient par des douilles à oreilles aux tringles verticales M, lesquelles se prolongent au-dessus du plancher de la turbine où elles se terminent par des poignées au moyen desquelles un homme peut les soulever successivement et élever en même temps les clapets K, qui font charnière autour des goujons *a*. Des espèces de loqueteaux ou rochets N sont rapportés à la partie supérieure des tringles M au-dessous de leurs poignées pour servir, en s'appuyant sur le plancher même, à arrêter et maintenir les ventelles dans la position élevée où on les a placées. Les ventelles sont au nombre de douze, c'est-à-dire moitié de celui des directrices, par conséquent chaque ventelle couvre deux compartiments du distributeur. Dans les très-grandes turbines, il y a autant de ventelles que de directrices ou de compartiments au distributeur, attendu qu'il faut toujours proportionner l'effort à exercer sur les tringles M à la force d'un homme.

Lorsqu'on ferme la vanne circulaire A, l'eau remplit évidemment tout l'intérieur du tambour ou du cylindre en fonte dans lequel la turbine est renfermée, sa pression agit alors sur toutes les parties qui composent le mécanisme. Elle tendrait par conséquent à s'introduire dans le réservoir d'huile O, au centre duquel se trouve le pivot P, et, par suite, à chasser l'huile par le tuyau Q, qui est destiné à l'amener. Pour obvier à cet inconvénient, le réservoir d'huile est garanti par la cloche en fonte R qui est faite en deux pièces assemblées et boulonnées, et qui communique librement par l'ouverture S pratiquée dans la plaque d'assise et par le canal S', qui est ménagé au-dessous, avec le niveau d'aval du cours d'eau, en sorte

que si le cuir embouti *b* qui surmonte la cloche et frotte contre la surface de l'arbre vertical I laissait passer un peu d'eau, cette eau n'exercerait aucune pression sous le réservoir d'huile et s'écoulerait sans peine par le petit canal d'échappement S'.

Turbine de Laroche. — Les fig. 8 et 9 représentent en coupe verticale et en plan la turbine hydraulique établie à Laroche près de Montbéliard sur une chute moyenne de 1m60 ; cette turbine est double, comme celle de vingt chevaux établie par les mêmes constructeurs à Chevroz.

On voit que cette turbine se distingue de la précédente en ce quelle porte deux rangées d'aubes, dont une première A sert particulièrement à la dépense de petites quantités d'eau, et la seconde A', beaucoup plus large, s'ajoute à la précédente dans le cas des basses chutes et de grands volumes d'eau. Ces deux séries d'aubes sont fondues avec la double couronne de la turbine ; elles présentent en développement, sur la circonférence extérieure, la forme indiquée sur le tracé fig. 10. Ces aubes sont surmontées des deux séries de directrices B, B', qui sont également fondues de la même pièce, avec une double couronne assujétie par son bord extérieur sur le plancher C de la turbine. Celle-ci est assemblée avec l'arbre vertical D comme précédemment au moyen d'un croisillon en fonte à plusieurs branches E ; cet arbre, garni d'un pivot d'acier *a* à sa partie inférieure, porte sur un grain également aciéré *b*, ajusté au fond de la poëlette qui surmonte le support F, et il est retenu par le haut au moyen d'un collier ou palier en fonte G garni de coussinets.

Les deux rangs de clapets ou de ventelles K et K' qui recouvrent les compartiments des distributeurs, sont directement attachés par articulations aux tringles à poignées M, à chacune desquelles est ménagé un cran *c* qui sert à les arrêter au plancher lorsqu'on veut les maintenir élevées, et que par suite, les clapets doivent rester ouverts. Les grands clapets K' du rang intérieur sont verticaux quand on les ouvre, les petits clapets K du rang extérieur peuvent être entièrement rabattus, comme on le voit sur la gauche des fig. 8 et 9.

TRACÉ DES AUBES.

M. Krafft a cherché à établir une série d'équations pour déterminer les principaux éléments de la turbine qu'il a appliquée dans différents cas et sur des chutes très-variables.

La fig. 11 représente le tracé géométrique qu'il donne pour la constructions des aubes du distributeur et de la roue elle-même. La ligne *m*, *m'*, montre une directrice, et celle *n*, *n'*, une aube proprement dite. Voici les données et les formules établies par l'auteur.

Soit

h la hauteur de l'eau au-dessus du bord inférieur du distributeur.

h' la hauteur de la couronne de la turbine, dont la surface inférieure se trouve à peu de distance de l'étiage d'aval.

α l'angle à l'horizon du dernier élément des aubes du distributeur.

β l'angle à l'horizon du premier élément des aubes de la turbine.

γ l'angle à l'horizon du dernier élément des mêmes aubes.

V la vitesse par seconde avec laquelle la turbine tourne; cette vitesse étant mesurée sur un point de la surface cylindrique, dont la génératrice est CD, fig. 11.

v la vitesse de l'eau qui débouche du distributeur pour entrer dans la turbine.

w la vitesse relative des filets d'eau par rapport à la turbine, au moment de leur entrée dans les compartiments de cette dernière.

w' la vitesse relative des filets d'eau par rapport à la turbine au moment de leur sortie de ce moteur.

p la pression en kilogrammes par mètre carré de surface; cette pression existant pendant la marche de la turbine à son plan supérieur.

g le nombre 9.81 relatif à la chute des corps dans le vide. En adoptant pour coefficient de contraction de l'eau passant par les compartiments du distributeur le chiffre 0,92 on aura pour la vitesse v l'équation

$$[1] \quad v = 0{,}92\sqrt{2g\left(h - \frac{p}{1000}\right)} \text{ ou } \frac{v^2}{2g} = 0{,}84\,h - 0{,}84\frac{p}{1000}.$$

On peut se fixer quant aux angles α et β à l'équation

$$[2] \quad \alpha + \beta = 90.^\circ$$

On pourrait aussi se donner l'un des angles α et β et déterminer l'autre par la résolution des équations; mais cette voie serait moins commode.

La condition de l'entrée de l'eau sans choc dans la turbine et le principe du parallélogramme des vitesses nous fournissent dès lors pour troisième équation

$$[3] \quad w^2 = V^2 - v^2$$

L'écoulement de l'eau à travers la turbine fournit la relation

$$[4] \quad \frac{w'^2 - w^2}{2g} = 0{,}84\,h + 0{,}84\frac{p}{1000}$$

Pour obtenir un bon rendement d'un moteur hydraulique quelconque, il faut que l'eau abandonne celui-ci avec une vitesse absolue très-faible. Cette condition conduit à donner à ζ une valeur assez faible, 18° par exemple et à faire

$$[5] \quad w' = V \text{ (}^1\text{)}$$

(1) La condition qu'il faudrait réaliser pour que la vitesse absolue atteignît sa limite inférieure serait la suivante : $V = w \cos.\,\gamma$, mais elle compliquerait inutilement la solution des équations.

La permanence de l'écoulement de l'eau à travers les compartiments de la turbine, abstraction faite de l'influence de l'épaisseur de l'aubage, donne

$$[6] \quad w \sin \beta = w' \sin \gamma$$

Enfin la condition de l'entrée de l'eau dans la turbine sans choc, combinée avec la condition $\alpha + \beta = 90°$ donne pour 7ᵉ équation

$$[7] \quad \frac{v}{V} = \sin. \beta.$$

Ce sont ces 7 équations qui, combinées convenablement, conduisent à la détermination des inconnues principales V, α et β, et cela par l'intermédiaire des quatre autres inconnues v, w, w' et p, qu'il n'est pas utile à déterminer pour l'étude d'un projet de turbine.

L'élimination des inconnues v, w, w' et p conduit aux résultats suivants :

$$v = 2{,}87 \sqrt{h+h'}$$

$$w = \frac{v}{2 \sin. \gamma} \mp \sqrt{\left(\frac{v}{2 \sin. \gamma}\right)^2 - v^2}.$$

$$V = \sqrt{w^2+v^2}.$$

$$\sin. \beta = \frac{v}{V}.$$

$$\alpha = 90° - \beta$$

Après la détermination des éléments principaux V, α, β la construction de la turbine d'Euler ne repose plus que sur la résolution de quelques problèmes de simple géométrie servant à déterminer les dimensions principales du moteur et de son distributeur, selon les conditions qu'il doit remplir et qui varient pour chaque cas, suivant la nature du travail à effectuer, le régime du cours d'eau, sa chute et l'emplacement où le moteur doit être posé.

Les bons résultats obtenus quant au rendement, à la solidité et au bas prix des turbines construites par MM. Krafft et Guillemin sont le fruit d'observations, d'expériences et de recherches spéciales pour les perfectionnements qu'ils ont apportés à ces moteurs. Voici en résumé la nomenclature des turbines qu'ils ont montées en 1849 et 1850.

Localité.	Département.	Industrie.	Force.	Hauteur de chute.	Nom de l'Industriel.
Chevroz.	Doubs.	Papeterie.	20	$1^m 30$	Chalandre fils.
Montbéliard.	Id.	Quincaillerie	27	$1^m 60$	Ch. Lalance.
Rothau.	Vosges.	Filatures.	18	$1^m 30$	Steinheil-Dieterlen.
Geneuille.	Doubs.	Papeterie.	40	$0^m 55$	Chalandre fils.
Clairvaux.	Jura.	Forge.	70	$11^m 00$	Guénard frères.

Siam.	Jura.	Forge.	90	6^m 00	Jobez.
Soleure.	Suisse.	Forge.	160	4^m 50	de Roll.
Rioz.	Hte-Saône.	Faïencerie.	4	3^m 50	Monnier fils.
Geneuille.	Doubs.	Papeterie.	55	1^m 55	Chalandre fils.
Fouligny.	Moselle.	Moulins.	14	2^m 80	Innocenti
Chevroz.	Doubs.	Papeterie.	30	1^m 30	Chalandre fils.

Dans les expériences faites sur la turbine de Chevroz par M. Wild, ingénieur à Montbéliard, par M. Reynaud du Creux, capitaine d'artillerie, et M. Boyé, ingénieur des mines, en présence de M. Krafft, il a été constaté que le moteur établi sur une chute moyenne de 1^m36, a rendu plus de 75 0/0 d'effet utile à des vitesses très-variables.

Cette turbine, comme celle de Laroche, porte, outre la couronne d'aubes principales qui seule doit fonctionner dans les circonstances normales, à l'intérieur de cette couronne et concentriquement, une deuxième couronne d'aubes plus larges, solidaire avec la première, et fonctionnant conjointement avec elle, dans le cas des crues d'eau, qui diminuent la hauteur de la chute, et par suite la puissance dynamique, ainsi que la vitesse de rotation de la turbine.

Or, en ouvrant les deux couronnes simultanément, le rayon moyen d'action des filets fluides diminue, et bien que la valeur V est diminuée, le nombre des rotations par minute peut rester le même ou peut ne diminuer que dans un rapport bien moindre, ce qui est fort essentiel dans le plus grand nombre des cas.

Les turbines de Chevroz et Laroche ont, la première 56, et la seconde 72 compartiments, séparés par autant d'aubes en surfaces gauches, et ont été fondues d'une seule pièce; elles fonctionnent toutes les deux depuis plusieurs campagnes, sans la moindre avarie.



HYDROPNEUMATISATION DES TURBINES,

Par MM. GIRARD et CALLON,

Ingénieurs à Paris.

(PLANCHE 2, FIG. 12.)

Nous avons déjà eu l'occasion de parler du système de vannage partiel appliqué aux turbines, par M. Callon, ingénieur hydraulicien de grande expérience et de progrès.

Après s'être occupé pendant longtemps de la construction des turbines d'Euler avec M. Fontaine de Chartres, dont nous avons aussi publié le système avec détails, il vient de s'associer avec M. D. Girard pour appli-

quer à ces moteurs hydrauliques le principe de l'hydropneumatisation, qui a fait le sujet d'un brevet spécial délivré à cet ingénieur en 1849.

On sait que M. Girard a eu pour but de débarrasser les roues verticales et les turbines des eaux extérieures d'aval qui occasionnent une perte notable due au frottement du moteur sur le liquide et aux tourbillonnements dans les canaux mobiles. Et à cet effet, il envoie de l'air par un tube à l'aide d'une pompe foulante à travers les aubes de la turbine, afin de presser sur la surface de l'eau inférieure et le tenir à un niveau tel que la turbine soit toujours entièrement dénoyée.(Voir *le Génie Industriel*, IIIe vol.)

M. Girard établit une différence radicale entre une turbine marchant *à réaction*, et une turbine marchant par *libre déviation* de la veine. Il dit qu'Euler avait donné à sa turbine à réaction une hauteur précisément égale à la moitié de la hauteur de la chute, et une vitesse relative nulle; il annulait complétement une cause de déperdition de force qui existe dans les turbines modernes à réaction, savoir : le jaillissement de l'eau par le jeu existant entre la couronne fixe et la couronne mobile. Ce jaillissement est produit par l'excès de pression de l'eau qui remplit la roue sur la pression extérieure; et cet excès de pression, à son tour, provient de ce que la hauteur de la turbine est toujours bien inférieure à la demi-hauteur de la chute.

Ce principe de la libre déviation de la veine dans les canaux mobiles ou récepteurs satisfait d'une manière générale à la condition qu'Euler n'avait remplie que pour un cas particulier de la turbine à réaction. Mais pour pouvoir l'appliquer dans la pratique, non-seulement lorsque la turbine marche dénoyée (ce qui n'arrive que lorsqu'on dispose, dans le cas de la turbine Fontaine, d'une chute à niveau invariable, ou bien, dans le cas de la turbine Fourneyron, d'une chute déterminée par la hauteur de la turbine), mais encore dans les circonstances bien plus fréquentes où la turbine est immergée, il fallait imaginer un moyen de faire tourner la turbine *sous l'eau sans être noyée*. C'est ce moyen, qui rappelle le procédé de la cloche à plongeur, que M. Girard a trouvé, et qui lui a fait donner à sa turbine le nom de turbine hydropneumatique.

Cette turbine possède encore une autre propriété, c'est celle de donner l'eau par des *vannes partielles* qui se lèvent toujours de toute leur hauteur, en nombre proportionné à la masse de l'eau actuellement disponible.

Cette idée, qui avait été brevetée en 1840 au nom de M. C. Callon, n'était aussi applicable que dans les cas, assez rares dans la pratique, comme nous l'avons déjà dit, d'une chute très-élevée ou d'une chute à niveau invariable. L'hydropneumatisation imaginée par M. Girard rend la turbine à vannes partielles applicable à toutes les chutes avec les avantages d'un *rendement constant* pour des variations de volume qui font baisser de moitié le rendement des turbines ordinaires.

Ces ingénieurs ont imaginé en outre un mécanisme très-commode pour

lever promptement et d'un point quelconque de l'usine, les vannes de la turbine en tel nombre que nécessite la masse d'eau disponible.

Voici une note que ces ingénieurs ont présentée à l'Académie des Sciences au sujet des premières expériences faites sur une turbine-Fontaine d'une force de trente chevaux placée dans la papeterie de M. Dufaÿ, à Égreville, sous une chute de 1m 10.

« Pour avoir d'abord le chiffre du bénéfice dû à la suppression du frottement, nous avons fait marcher la turbine à pleine eau, noyée, puis dénoyée. Nous avons reconnu qu'avec une vitesse de vingt-huit à vingt-neuf tours par minute, le frottement est de 4 pour 100, c'est-à-dire que si l'on représente par 1 le travail de la turbine noyée, le travail de la turbine dénoyée est de 1,04. Le nombre de vingt-huit à vingt-neuf tours étant le minimum de vitesse, 4 pour 100 est le minimum de frottement; en sorte que, pour un nombre de tours plus grand, trente-quatre à trente-cinq tours par exemple, vitesse ordinaire, le frottement croîtra à peu près dans le rapport $\frac{n^2}{n'^2}$, n étant le minimum de tours. D'où il suit que le frottement 0,04 étant correspondant à une dépense Q′, pour une autre dépense Q, on aura comme expression du frottement correspondant $\left(\frac{Q'}{Q}\text{étant égal à K}\right)$, $Kf = f'$.

« Représentant par T′ le travail de la turbine noyée, par T le travail, dénoyée, on aura alors

$$\frac{T}{T'} = 1 + Kf.$$

Il restait à chercher l'influence des tourbillonnements dans les canaux mobiles par suite de la variation de la dépense.

« A cet effet, nous avons successivement observé le rendement de la turbine avec diverses levées de vanne. Dans plusieurs expériences, nous n'avons pas remarqué une augmentation sensible produite par notre procédé ; mais quand la vanne a été au tiers de sa hauteur (ce qui rend K = 3), nous avons constaté un accroissement d'effet utile dont l'expression est donnée par la formule

$$\frac{T}{T'} = \frac{n}{n'} \times \frac{Q'}{Q} + f'' - f'',$$

ou

$$\frac{T}{T'} = \frac{n}{n'} \times \frac{Q'}{Q} + f'\frac{n^2}{n'^2} \times \frac{Q'}{Q} - f',$$

les valeurs de n et n', déduites des expériences, étant $n = 34$, $n' = 28,5$.

« Les valeurs de Q et Q′, déduites des observations et de calculs fort simples, étant en fonction des hauteurs de chute

$$\frac{Q'}{Q} = \sqrt{\frac{h'}{h}} = \sqrt{\frac{1.031}{0,82}},$$

on en tire

$$\frac{T}{T'} = \frac{n}{n'} \times \sqrt{\frac{h'}{h}} - f\frac{n^2}{n'^2} \times \sqrt{\frac{h'}{h}} - f'.$$

Et, en substituant les valeurs numériques,

$$\frac{T}{T'} = \frac{34}{28{,}5} \times \sqrt{\frac{1{,}031}{0{,}82}} + 0{,}12 \times \frac{\overline{34}^2}{\overline{28{,}5}^2} \times \sqrt{\frac{1{,}031}{0{,}82}} - 0{,}12 = 1{,}4.$$

c'est-à-dire que l'hydropneumatisation de la turbine, lorsque la levée des vannes est réduite au tiers de sa hauteur totale, augmente de 40 0/0 le travail qu'elle transmet, étant noyée.

« Des expériences ne nous ayant donné ce bénéfice qu'avec une levée de vanne du tiers, nous avons été conduits à examiner la construction de la turbine ; nous avons reconnu que le nombre des adducteurs étant environ de moitié du nombre des canaux récepteurs, la veine ne pouvait dévier librement que dans le cas spécial indiqué plus haut. D'où il résulte qu'en construisant des turbines où la déviation peut avoir lieu, quelle que soit la levée de vanne, le travail perdu par les tourbillonnements sera constamment racheté. »

A la suite de ces expériences, MM. Girard et Callon ont été amenés à établir une turbine nouvelle, dans les proportions convenables pour dépenser le plus grand volume disponible dans toute circonstance, et par suite à donner aux directrices et aux aubes de cette turbine une forme analogue indiquée sur la fig. 12, pl. 2. Cette figure montre la marche de la veine liquide dans une turbine à libre déviation. Dans une telle turbine, il y a absence complète de pression entre les deux couronnes fixe et mobile, et par conséquent un certain jeu entre ces couronnes n'entraîne aucune perte d'eau.

Voici les dimensions principales de cette nouvelle turbine :

Diamètre extérieur............	= 3m 00
Diamètre intérieur............	= 1m 960
Nombre d'aubes..............	= 40
Hauteur verticale des aubes.....	= 0m 300
Largeur des directrices.........	= 0m 520
Hauteur verticale desdites.....	= 0m 160

Les expériences faites en présence des auteurs et de plusieurs ingénieurs honorables, ont constaté que le rapport de l'effet utile à la force absolue a été presque constamment de 70 0/0, c'est-à-dire qu'il a très-peu varié malgré les variations de chute et de volumes d'eau.

La fig. 12 représente plus particulièrement la forme et les dimensions des directrices et des autres à la circonférence intérieure de la turbine hydropneumatique construite par les mêmes ingénieurs pour l'usine de MM. Lieutenant et Peltzer, à Verviers. Cette turbine est établie sur une chute de 3m50 à 4 mètres, et donne une puissance effective de 60 chevaux. Cette turbine a 2m40 de diamètre extérieur et 1m78 de diamètre intérieur, et elle porte 48 aubes.

SYSTÈME UNIFORME DE FILETS DE VIS,

ET DE PROPORTIONS A ADOPTER

DANS LES ATELIERS DE CONSTRUCTION

POUR LES BOULONS ET LES ÉCROUS.

Par M. ARMENGAUD aîné, Ingénieur à Paris.

PLANCHE 3.

VIS ET BOULONS A FILETS TRIANGULAIRES.

L'emploi des vis, des boulons et des écrous est tellement fréquent dans les machines, comme étant le mode d'assemblage le plus commode et le plus répandu, qu'il serait du plus grand intérêt pour les constructeurs comme pour les fabricants, d'adopter un système uniforme, dans toute la France, pour les dimensions principales à donner à ces pièces. Il en résulterait évidemment une économie considérable, non-seulement dans leur fabrication, mais encore dans la construction et la réparation des machines, et par suite dans l'achat et l'entretien d'un grand nombre d'outils essentiels qui occasionnent aux ateliers des dépenses excessives, comme les filières, les coussinets, les tarauds, les forets, les mèches, les écarrissoirs, les clefs, les tourne-à-gauche, etc.

Proportion des filets. — On perd beaucoup de temps et d'argent dans une foule de circonstances pour réparer un mécanisme, un outil ou un appareil *quelconque*, parce que le mécanicien chargé de ce travail ne possède pas les mêmes filets de vis que celui qui l'a construit ; les frais deviennent alors d'autant plus grands que d'un côté, on est dans l'obligation de jeter au rebut, comme ferraille, les boulons ou les vis dont il ne possède pas les coussinets, et que d'un autre côté, il faut en refaire de nouveaux pour les remplacer.

On a bien, dans certains établissements, proposé à ce sujet des proportions qui pourraient servir de bases dans la construction, mais soit qu'on

ne fût pas suffisamment d'accord sur tous les points, on ne s'est pas encore arrêté, au moins chez nous, à un système définitif.

Et cependant, en présence du système métrique qui est d'un usage si commode et actuellement adopté partout en France, en Belgique, et même dans bien des contrées de l'Allemagne, il est évident qu'on devrait arriver à avoir aussi une mesure générale pour les vis, les boulons et les écrous, qui constituent, on le sait, une des parties importantes de la construction des machines de toutes sortes.

On est plus avancé, sous ce rapport, chez nos voisins d'outre-mer, grâce à l'intervention d'un habile constructeur, M. Joseph Whitworth, de Manchester.

C'est ce mécanicien qui, le premier, présenta en 1841, à l'Institut des ingénieurs civils, un mémoire fort intéressant, servant à faire voir l'avantage qu'il y aurait, soit pour les chemins de fer, soit pour la navigation, et pour les manufactures en général, à appliquer dans toute l'Angleterre, un système uniforme de filets de vis. Et à l'appui de ce mémoire, il donna un tableau résumant les dimensions principales qui furent adoptées par plusieurs Compagnies de rail-ways, et par les constructeurs les plus recommandables.

M. Whitworth s'est surtout attaché à déterminer le *pas*, la *profondeur*, et la *forme* des filets de vis pour les mettre en rapport avec leur diamètre. Il a cherché à établir des proportions telles, que tout en conservant aux filets la puissance nécessaire, ils présentent en même temps une grande solidité et une grande durée et qu'ils peuvent servir à la fois pour la fonte et pour le fer. Ce sont, sans contredit, les proportions établies par cet ingénieur expérimenté qui offrent le plus d'avantages et qui, par conséquent, sont susceptibles d'être prises pour base dans le système d'uniformité que nous proposons, parce qu'il a tenu compte à la fois, de la force, de la résistance et de la durée, toutes conditions qui doivent être prises en considération dans la pratique.

Voici, d'après M. Whitworth, le diamètre et le pas des vis à filets triangulaires, depuis 1/4 de pouce anglais ou 6^{mm}, jusqu'à 6 pouces ou 152^{mm}. Ainsi, les deux premières colonnes donnent le diamètre des tiges en pouces et en millimètres, les deux suivantes indiquent le nombre de filets sur la hauteur d'un pouce = 25^{mm},4 et dans la hauteur correspondante au diamètre de la tige, et la cinquième montre le pas de vis que l'on en a déduit : ce tableau que nous avons cru devoir faire beaucoup plus complet, est terminé par les sixième et septième colonnes qui font connaître la profondeur des filets, et le diamètre intérieur ou du noyau, déduction faite des filets.

TABLE DES PRINCIPALES DIMENSIONS DES VIS ET BOULONS A FILETS TRIANGULAIRES.

Par M. Whitworth, ingénieur-mécanicien à Manchester (Angleterre).

DIAMÈTRE EXTÉRIEUR DU BOULON		NOMBRE DE FILETS DANS LA HAUTEUR		Pas des filets en millimètres.	Profondeur des filets en millimètres.	Diamètre intérieur du noyau en millim.
en pouces anglais.	en millimètres.	de 1 pouce =25m 4.	et de $h = d$.			
1/4	6.35	20	5	1.27	0.8	4.75
5/16	7.93	18	5.6	1.41	0.89	6.15
3/8	9.52	16	5.9	1.58	1.0	7.52
7/16	11.11	14	6.1	1.81	1.15	0.84
1/2	12.70	12	6.0	2.11	1.34	10.02
5/8	15.87	11	6.8	2.30	1.46	12.95
3/4	19.04	10	7	2.54	1.61	15.82
7/8	22.22	9	7.8	2.82	1.79	18.64
1	25.40	8	8	3.17	2.06	21.28
1 1/8	28.57	7	7.8	3.63	2.29	23.93
1 1/4	31.75	7	8.7	3.63	2.30	27.15
1 3/8	34.92	6	8.2	4.23	2.66	29.60
1 1/2	38.10	6	9	4.23	2.66	32.78
1 5/8	41.27	5	8.1	5.08	3.21	34.85
1 3/4	44.45	5	8.7	5.08	3.21	38.03
1 7/8	47.62	4.50	8.5	5.64	3.57	40.48
2	50.82	4.50	9	5.64	3.57	43.68
2 1/4	57.17	4	9	6.35	4.02	49.13
2 1/2	63.52	4	10	6.35	4.02	55.48
2 3/4	69.87	3.75	10.3	7.24	4.59	60.69
3	76.20	3.5	10.5	7.24	4.59	67.02
3 1/4	82.55	3.25	10.5	7.80	4.94	72.67
3 1/2	88.90	3.25	11.3	7.80	4.94	79.02
3 3/4	95.25	3	11.2	8.46	5.36	84.53
4	101.60	3	12	8.46	5.36	90.88
4 1/4	107.95	2.93	12.4	8.80	5.57	96.81
4 1/2	114.30	2.875	12.9	8.80	5.57	103.16
4 3/4	120.65	2.81	13.3	9.20	5.82	109.01
5	127.00	2.75	13.7	9.20	5.82	115.36
5 1/4	133.35	2.69	14.1	9.60	6.08	121.19
5 1/2	139.70	2.62	14.4	9 60	6.08	127.54
5 3/4	146.50	2.56	14.9	10.16	6.43	135.64
6	152.40	2.5	15	10.16	6.43	139.54

On remarque d'abord dans cette table que, dans les plus petites dimensions, l'auteur, conséquent avec le système de mesures adopté dans son pays, fait varier le diamètre de 1/16 de pouce seulement; dans les dimensions moyennes, il les varie de 1/8 de pouce, puis dans les plus fortes de 1/4 de pouce. Il donne le pas par le nombre de filets contenus dans une hauteur constante de 1 pouce, et afin de réduire les outils et appareils à fileter, il admet des pas semblables pour deux diamètres différents.

On observe aussi que le pas n'est pas toujours proportionnel au diamètre; ainsi, pour la vis de 1/4 de pouce, le pas est égal au 1/5 du diamètre, pour celle de 1/2 pouce, il est le 1/6, et pour celle d'un pouce, il n'est plus que le 1/8. C'est afin de ne pas avoir des filets trop fins sur les petits diamètres, et des filets trop forts sur le gros. On a toujours évidemment plus de force qu'il n'est nécessaire pour les premiers; tandis qu'on n'en a pas de trop pour les derniers, malgré l'emploi de fortes clefs et quelquefois les bras de plusieurs hommes pour serrer les écrous.

Sans doute, il ne serait pas convenable d'adopter en France ces dimensions littéralement, puisqu'elles ne s'harmoniseraient en aucune manière avec notre système métrique, mais on n'en doit pas moins chercher à se rapprocher de ces données, comme paraissant les plus rationnelles, et les moins susceptibles d'inconvénients.

Nous avons pu nous convaincre, en effet, par les divers renseignements que nous nous sommes procurés, que lorsqu'on s'en est trop écarté, on a exécuté moins bien, et on a fait plus de dépenses.

Ainsi, dans certains établissements, on a cherché à faire des filets de vis, avec des pas fins, et des profondeurs très-grandes, presque aussi grandes que le pas; mais on a été bientôt à même de reconnaître que si de telles vis ont l'avantage d'être plus agréables à l'œil, elles ont aussi l'inconvénient de présenter moins de solidité, moins de durée, et par suite de devenir plus dispendieuses, par les frais d'entretien des coussinets, des mères et des tarauds. On a même, quelquefois, augmenté cet inconvénient, en arrondissant les filets, toujours avec l'intention de donner aux vis un joli coup d'œil. Mais, par cela même que ces filets étaient trop profonds, par rapport au pas, ils devenaient encore plus faibles par les arrondis.

Il est évident que la puissance transmise par une vis étant en raison inverse de son pas, plus les filets sont fins, plus elle présente de force, c'est-à-dire moins il faut d'efforts pour vaincre la résistance; mais on conçoit qu'en pratique, il doit y avoir une certaine limite à cet égard, car d'un autre côté, plus le pas est fin, plus le frottement est grand, et moins la vis présente de durée.

La profondeur des filets proposée et adoptée par M. Whitworth, est comprise entre les 3/5 et les 2/3 du pas (soit égale à 19/30). Dans ce cas, les côtés extérieurs du triangle qui engendrent la surface gauche des filets forment entre eux un angle de 70 degrés. Des constructeurs n'ont pas craint de leur donner jusqu'au 3/4 et même jusqu'aux 4/5 du pas, c'est-

à-dire que les côtés générateurs forment des angles sensiblement plus petits. Du reste, la plupart ne suivent aucune règle uniforme à cet égard; il faut dire aussi que ces proportions ont plutôt été abandonnées jusqu'ici à la volonté de l'ouvrier que déterminées par les chefs d'usine ou les ingénieurs.

Sur plusieurs lignes de chemin de fer et dans quelques ateliers particuliers, on a à peu près adopté les mêmes dimensions et les mêmes pas : c'est déjà un premier point; mais on n'a pas conservé la même profondeur, ce qui est un inconvénient, et d'ailleurs la collection n'est pas suffisante pour servir de base générale. Ainsi, voici seulement la série la plus complète qui compose les dimensions adoptées :

Diamètres. = mill. 10—12	mill. 15—18—20	mill. 23	mill. 25—28—30	mill. 35	mill. 40
Pas....... = 1.5	2	2.5	3	3.5	4

En Allemagne, le savant professeur de mécanique, M. Redtenbacher, a proposé, pour les vis à filets triangulaires, les proportions suivantes :

DIMENSIONS EN MILLIMÈTRES.

Diamètres....	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
Pas..........	1.9	2.0	2.1	2.3	2.5	2.7	3.1	3.5	3.8	4.1	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6	5.8
Profondeur...	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.5	3.7

Afin de nous rapprocher le plus possible des données de M. Whitworth, d'une part, et de celles déjà adoptées dans nos principaux établissements, tout en remplissant les meilleures conditions de solidité et de durée, pour la pratique, il nous a paru utile d'établir des formules simples, faciles à retenir et qui aient le mérite de réunir ces divers avantages.

DIAMÈTRE DE LA VIS. — Observons d'abord que, pour fixer le diamètre d'une vis ou d'un boulon, il faut connaître, au moins d'une manière approximative, l'effort ou la résistance qu'il est susceptible d'éprouver, suivant la place qu'il occupe sur l'appareil. Ainsi, dans un cylindre de machine à vapeur, par exemple, les boulons qui assujétissent le couvercle sur la base supportent ensemble un effort au moins égal à la puissance maxima exercée sur la surface du piston, qui se répartit sur chacun d'eux plus ou moins régulièrement, suivant le soin apporté dans l'exécution et dans le montage.

Comme il importe que la section du boulon ou de la vis soit beaucoup plus considérable que celle correspondante à la résistance moyenne du fer, non-seulement pour qu'il ne puisse se rompre par l'effort de traction, mais

même pour qu'il ne puisse s'allonger ni se courber par le serrage, d'autant plus que cette section est réduite par la profondeur même des filets qui y sont pratiqués, on tient bien compte de ces faits en pratique en calculant alors le diamètre par la formule :

$$d^2 = \frac{P \times 100}{81}$$

qui peut se mettre sous la forme de

$$d = \frac{10}{9} \sqrt{P} \qquad [1]$$

Dans laquelle

d représente le diamètre du corps de la tige en millimètres,

et P le poids ou la pression totale sur la section en kilogrammes (*a*).

C'est aussi la règle adoptée par M. Redtenbacher.

PAS DES FILETS. — Le pas de la vis est déterminé par la formule

$$p = 0{,}08d + 1 \qquad [2]$$

C'est-à-dire est égal aux 8/100es du diamètre et augmenté d'un millimètre.

PROFONDEUR DES FILETS. — La hauteur *h* ou la profondeur des filets est exprimée par la formule

$$h = \frac{19}{30} p \qquad [3]$$

Soit les 19/30es du pas.

D'où l'on déduit naturellement le diamètre intérieur *d'*, ou du noyau de la vis par

$$d' = d - 2h \qquad [4]$$

D'après ces données, il est facile de former une table qui donne, outre la charge correspondante aux diamètres, le pas et la profondeur des filets de vis, depuis les plus petites jusqu'aux plus grandes dimensions.

Lorsque la marine de l'État a outillé les établissements de construction

(*a*) On sait que la charge ou l'effort de traction longitudinale, qu'on peut faire supporter à une barre solide en fer prismatique ou cylindrique est de

10 kil. par millimètre quarré au maximum,

4 kil. 16 au minimum,

et en moyenne de 6 kil. 66.

Or, d'après la formule ci-dessus, la charge ou pression P n'est pas de plus de 1k.03 par millimètre quarré en comptant sur le diamètre extérieur de la tige; on se trouve donc dans les meilleures conditions pour la plus parfaite sécurité, lors même qu'on n'adopterait, comme il arrive souvent, que des fers de médiocre qualité.

qu'elle possède dans les ports de mer, elle a fait de grandes dépenses pour avoir une collection très-complète de tarauds et coussinets, dont les diamètres varient de millimètre en millimètre sur une grande étendue.

Il suffirait, pour la mécanique en général, de varier les diamètres par 1/4 de centimètre, depuis 5 jusqu'à 25 mill., puis par 1/2 centimètre seulement, à partir de 25 millimètres.

La table suivante a été calculée sur cette base et s'étend de 5 à 80 millimètres ; elle peut largement suffire à toutes les exigences.

TABLE RELATIVE AUX PROPORTIONS A DONNER AUX VIS ET BOULONS A FILETS TRIANGULAIRES.

Diamètre extérieur en millimètres. *d*.	Poids ou pression en kilogrammes. P.	Pas des filets en millimètres. *p*.	Profondeur des filets en millimètres. *h*.	Diamètre intérieur du boulon à fond de filets.	Nombre de filets sur une longueur de 100 mil.
5	20	1.4	0.8	3.2	71.4
7.5	45	1.6	1.0	5.5	62.5
10	81	1.8	1.1	7.7	55.5
12.5	126	2.0	1.3	9.9	50.0
15	182	2.2	1.4	12.2	45.4
17.5	248	2.4	1.5	14.5	41.6
20	324	2.6	1.6	16.7	38.4
22.5	410	2.8	1.7	19.1	35.7
25	506	3.0	1.9	21.2	33.3
30	729	3.4	2.1	25.7	29.4
35	992	3.8	2.4	30.2	26.3
40	1296	4.2	2.6	34.7	23.8
45	1640	4.6	2.9	39.2	21.7
50	2025	5.0	3.2	43.7	20.0
55	2450	5.4	3.5	48	18.5
60	2916	5.8	3.8	52.4	17.2
65	3422	6.2	4.1	56.8	16.1
70	3969	6.6	4.4	61.1	15.1
75	4556	7.0	4.7	65.5	14.2
80	5184	7.4	5.0	69.9	13.5

La première colonne de cette table comprend les diamètres extérieurs des vis ou des boulons en millimètres.

La seconde contient les valeurs correspondantes de P, ou des pressions en kilogrammes dont ces vis ou ces boulons peuvent être chargés avec sécurité, selon la formule [1].

La troisième donne le pas en millimètres des vis à filets triangulaires, et calculé d'après la formule [2].

La quatrième montre la profondeur correspondante, suivant la formule [3].

La cinquième, qui est déduite de la première et de la précédente, donne les diamètres du noyau de la vis ou du fond des filets [formule 4].

Et enfin, la sixième donne le nombre de filets contenus dans une hauteur constante, celle de 100 millimètres, afin de rendre plus facile l'appréciation du pas. Cette colonne est évidemment calculée en divisant 100 par le pas donné.

Observation. — Ce tableau aurait pu être continué, comme l'a fait Whitworth jusqu'au diamètre de 150 à 160 millim., mais nous remarquerons que les boulons à filets triangulaires ne sont presque pas employés au delà du diamètre de 75 à 80 millim., que le plus souvent même elles ne dépassent pas 50 à 60, parce qu'au-dessus de ces dimensions on ne peut se servir de filière ; il faut nécessairement employer des machines à fileter, et alors on fait plus ordinairement usage de vis à filets carrés. Du reste, il sera toujours facile, d'après les règles précédentes, de donner les proportions pour des diamètres plus forts que ceux compris dans la table.

PROPORTIONS DES ÉCROUS.

Après avoir ainsi réglé d'une manière simple, rationnelle et tout à fait pratique le diamètre des vis, ainsi que leur pas et la profondeur des filets, il est utile aussi de régulariser de même les proportions à donner aux écrous et aux têtes de boulons.

Sur ce second point, il n'y a pas, à vrai dire, plus d'uniformité que sur le premier.

Diamètre du cercle inscrit. — Bien souvent on a donné aux écrous à 6 pans ou de forme hexagonale des diamètres doubles de ceux des boulons correspondants ; mais cette proportion fait des écrous trop faibles pour les plus petites dimensions et beaucoup trop forts pour les grandes ; en effet, pour un petit boulon de 5 millimètres, le diamètre extérieur de l'écrou d'angle en angle, étant alors de 10 millimètres, n'a pas assez d'épaisseur de matière entre les côtés et les filets, tandis que, pour un boulon de 50 millimètres, le diamètre de l'écrou, étant de 100 millimètres, laisse une épaisseur de 18 millimètres entre les côtés et le bord des filets, épaisseur qui est trop considérable par rapport à la force même du boulon.

Ce n'est pas seulement un inconvénient d'employer ainsi trop de matière, mais cela entraîne à d'autres dépenses superflues, puisqu'il faut alors faire aussi des clefs plus fortes pour les serrer et donner aux surfaces à joindre des dimensions correspondantes.

C'est évidemment l'épaisseur du métal à laisser entre la tige ou le bord du filet et les côtés de l'écrou qui doit être déterminée en pratique pour présenter la résistance nécessaire, sans employer une quantité de matière inutile. Cette épaisseur devient convenable en employant la formule suivante :

$$D = 1,4\,d + 5 \qquad [5]$$

D exprimant le diamètre du cercle inscrit dans l'hexagone en millimètres,

et d représentant, comme ci-dessus, le diamètre extérieur du boulon, également en millimètres.

Cette formule donne des dimensions qui se rapprochent beaucoup de celles adoptées par des constructeurs très-recommandables, par quelques ateliers de chemin de fer et par le professeur Redtenbacher.

Elle peut s'appliquer à la tête des boulons, si on veut avoir l'avantage, comme on l'a admis dans divers établissements, de se servir des mêmes clefs pour les têtes et les écrous.

Lorsque les écrous et les têtes de boulons sont carrés au lieu d'être à 6 pans, la même règle s'applique naturellement, et alors le diamètre du cercle inscrit est égal au côté du carré.

Comme, en dessin, il est plus facile de tracer un hexagone, connaissant le côté ou le rayon du cercle circonscrit que lorsqu'on se donne le diamètre du cercle inscrit, on pourra, à cet égard, employer la formule suivante :

$$D' = D \times \frac{100}{86,6} = 1,4d + 5\frac{100}{86,6} \qquad [6]$$

qui donne le diamètre D′ du cercle circonscrit à l'hexagone.

Hauteur ou épaisseur de l'écrou. — La hauteur H de l'écrou et de la tête du boulon est aussi une condition essentielle dans la construction. On l'a tellement senti en Angleterre, où l'on cherche, comme chez nous, du reste, à réduire, autant que possible, le poids des pièces, surtout dans les navires à vapeur, qu'on a fait une foule d'expériences pour parvenir à diminuer les dimensions de toutes sortes, jusqu'à celles des boulons et des écrous. On a reconnu, par exemple, que, lorsque la hauteur de l'écrou est égale à la moitié du diamètre du boulon, les filets résistaient toujours plus à l'effort que le corps même de la vis ; ce n'est que quand la hauteur est à peu près le 1/3 seulement du diamètre, que les filets cèdent avant la tige.

Il n'est donc pas utile, comme on l'a fait bien des fois, de donner à l'écrou une hauteur très-grande, excepté dans certains cas, comme celui où il s'applique sur une pièce en mouvement ou susceptible d'éprouver des vibrations.

En général, il suffit de limiter la hauteur H au diamètre même de la tige, soit

$$H = d,$$

et de la faire 1,2 à 1,4 d, dans les circonstances particulières, ou mieux de mettre deux écrous superposés, pour qu'ils soient moins susceptibles de se desserrer.

Tête du boulon ou de la vis. — Pour la hauteur H′ de la tête du boulon, il suffira toujours de la faire égale à la moitié du diamètre du cercle inscrit :

soit alors $$H' = \frac{D}{2}$$

Avec ces données il devient facile d'établir la table suivante, qui résume les dimensions des écrous et des boulons pour les diamètres adoptés dans la précédente.

TABLE RÉSUMANT LES DIMENSIONS PRINCIPALES DES BOULONS ET DES ÉCROUS A FILETS TRIANGULAIRES.

Diamètre du boulon en millimètres.	ÉCROU A SIX PANS. DIAMÈTRE DU CERCLE inscrit en millimètres.	circonscrit en millimètres.	Hauteur de l'écrou en millimètres.	Nombre de filets dans la hauteur.	Tête du boulon. Hauteur en millimètres.
5	12	13.7	5	3.6	6
7.5	15	17	7.5	4.7	7.5
10	19	22	10	5.5	9.5
12.5	22	26	12.5	6.2	11
15	26	30	15	6.8	13
17.5	29	35	17.5	7.3	14.5
20	33	38	20	7.7	16.5
22.5	36	42	22.5	8.0	18
25	40	46	25	8.3	20
30	47	54	30	8.6	23.5
35	54	62	35	9.2	27
40	61	70	40	9.5	30.5
45	68	78	45	9.8	34
50	75	86	50	10.0	37.5
55	82	94	55	10.1	41
60	89	102	60	10.3	44.5
65	96	110	65	10.5	48
70	103	118	70	10.6	51.5
75	110	126	75	10.7	55.0
80	117	134	80	10.8	58.5

VIS ET BOULONS A FILETS CARRÉS.

Les boulons à filets carrés présentent certaines particularités qui devaient en faire l'objet d'une étude spéciale ; les renseignements que nous avons pu recueillir à cet égard prouvent également qu'il n'existe pas en France plus d'homogénéité dans les proportions à donner à ce genre de boulons que dans l'exécution des vis et boulons à filets triangulaires; nous pourrions même dire qu'il y en a moins, car ce système est moins souvent appliqué pour fixer les pièces.

Nous avons dû avoir égard à quelques considérations théoriques pour établir une règle uniforme sur ce système, aussi bien que sur le premier. Nous avons pu reconnaître que pour le pas et la profondeur des filets, c'est encore M. Whitworth qui paraît s'être le plus rapproché du but.

PAS ET PROFONDEUR DES FILETS. — Ainsi, d'après les divers documents que nous avons pu rassembler à ce sujet, nous avons trouvé que pour former des filets de vis convenables, présentant la résistance néces-

saire, sans être trop susceptibles de se desserrer dans l'application, le pas serait parfaitement déterminé par la formule :

$$p = 0{,}09\,d + 2\,\text{mill.} \qquad [7]$$

Les filets ainsi obtenus, ont une inclinaison convenable pour des boulons qui, évidemment, ne doivent pas se desserrer trop aisément : il n'en est pas de même dans un certain nombre de boulons où les filets carrés sont généralement trop gros et par conséquent trop inclinés.

La division du pas en deux parties égales, pour le filet et le creux, est convenable quand la vis est de même métal que l'écrou.

La formule relative à l'épaisseur e du filet est alors

$$e = \frac{1}{2}p$$

ou

$$e = 0{,}045\,d + 1 \qquad [8]$$

La profondeur h du filet, un peu moindre que la moitié du pas, doit aussi être déterminée, les filets carrés étant plus que les autres, susceptibles de se rompre par un choc ; on peut alors prendre pour règle :

$$h = \frac{0{,}855\,d + 19}{20} \qquad [9]$$

qui se rapporte aussi, à très peu près, avec les dimensions que nous avons mesurées sur les vis et boulons de M. Whitworth.

Dimensions des écrous. — Il n'était pas possible de déterminer la hauteur de l'écrou par les règles suivies pour les boulons à filets triangulaires, car les filets carrés, par leur structure même, ne représentent, à pas égal, que la moitié de la résistance des autres, et si, d'après cette considération, on donnait à l'écrou le double de la hauteur de ces derniers, on arriverait à des dimensions inusitées en pratique. Nous avons donc cherché directement la résistance des filets, en prenant pour base l'effort auquel le corps du boulon est supposé soumis d'après la première formule

$$d = \frac{10}{9}\sqrt{P}$$

et le résultat de ces recherches nous a conduit à la règle suivante, qui est très-facile à saisir, et surtout commode à suivre, savoir :

douze filets dans la hauteur de l'écrou,

ce qui peut se mettre sous la formule :

$$H = 1{,}08\,d + 24\,\text{mill.} \qquad [10]$$

Laquelle donne à la somme des filets considérés suivant leur position, une résistance égale au corps du boulon (*a*).

(*a*) Nous avons considéré les filets carrés comme des solides encastrés par une de leurs extré-

Quant au diamètre de l'écrou, il doit être évidemment calculé comme celui des vis à filets triangulaires :

soit $$D = 1,4\,d + 5$$

Nous donnons ici le tableau des dimensions de boulons à filets carrés de 20 millimètres à 120 millimètres de diamètre, en variant par demi-centimètre. Ce tableau est calculé d'après les formules pratiques précédentes; en comparant les résultats qu'il donne, soit avec de forts boulons adoptés dans la construction des navires à vapeur, soit avec des vis et boulons de petites dimensions adoptés dans quelques ateliers de chemin de fer, on reconnaît qu'ils s'en approchent de beaucoup, et qu'on peut alors sans crainte les appliquer dans la pratique.

TABLE DES DIMENSIONS DES VIS, BOULONS ET ÉCROUS A FILETS CARRÉS.

d. Diamètre en millimètres.	P. Poids ou pression en kilog.	*p*. Pas en millimètres.	*n*. Nombre de filets dans la long.=100mill	*h*. Profondeur du filet en millim	*e*. Épaisseur du filet en millim.	H. Hauteur de l'écrou en millim.
20	324	3.80	26.31	1.80	1.90	45.6
25	506	4.25	23.52	2.02	2.12	51
30	729	4.70	21.27	2.23	2.35	56.4
35	992	5.15	19.41	2.45	2.57	61.8
40	1296	5.60	17.85	2.66	2.80	67.2
45	1640	6.05	16.52	2.87	3.02	72.6
50	2025	6.50	15.38	3.19	3.25	78.0
55	2450	6.95	14.38	3.30	3.47	83.4
60	2916	7.40	13.51	3.51	3.70	88.8
65	3422	7.85	12.73	3.73	3.92	94.2
70	3969	8.30	12.04	3.94	4.15	99.6
75	4556	8.75	11.42	4.16	4.37	105.0
80	5184	9.20	10.86	4.37	4.60	110.4
85	5852	9.65	10.36	4.58	4.82	115.8
90	6561	10.10	9.90	4.80	5.05	121.2
95	7300	10.55	9.47	5.01	5.27	126.6
100	8100	11.00	9.09	5.22	5.50	132.0
105	8930	11.45	8.73	5.44	5.72	137.4
110	9801	11.90	8.40	5.65	5.95	142.8
115	10712	12.35	8.09	5.87	6.17	148.2
120	11664	12.80	7.81	6.08	6.40	153.6

mités et supportant une charge uniformément répartie; cette charge doit être égale pour chaque tour de filet à la charge totale que le boulon est supposé devoir supporter par la formule 1re.

$$d = \frac{10}{9}\sqrt{P}$$

Cette charge étant divisée par le nombre de filets dans la hauteur de l'écrou, et en supposant 12 filets dans la hauteur, il suffit d'établir la formule suivante :

TRACÉ GÉOMÉTRIQUE DES PROPORTIONS ET TYPES DES BOULONS A FILETS TRIANGULAIRES ET CARRÉS
(indiqués sur la planche 3e).

Les fig. 1 à 4, pl. 3, résument les applications des règles simples et pratiques exposées plus haut, et qui établissent d'une manière uniforme les proportions des vis, des boulons et des écrous, à filets triangulaires et carrés.

La fig. 1re est un tracé géométrique qui réunit toutes les dimensions, depuis celles correspondantes au diamètre 5 mill. jusqu'à celles du diamètre 60 mill. La partie gauche du tableau graphique est relative aux proportions des filets triangulaires, et celle de droite aux filets carrés; la courbe parabolique CD (1) donne les diamètres correspondants aux pressions, d'après la formule 1re, adoptée précédemment; et les droites EF, GH correspondent aux diamètres D et D' des écrous déterminés par les formules 5 et 6.

L'usage de ce tableau ne présente aucune difficulté. Nous allons montrer par un exemple qu'il suffit de s'en servir une fois pour le connaître parfaitement : proposons-nous de déterminer les dimensions d'un boulon de 50 mill. de diamètre à filet triangulaire en même temps que l'effort auquel on peut le soumettre sans danger; prenez sur le côté gauche CI du tableau qui est justement divisé en millimètres le chiffre 50 indiquant le diamètre donné, et suivez la ligne horizontale correspondante dans toute la longueur du tableau; vous trouvez successivement à partir de CI, par l'intersection de cette ligne :

Avec A'B'....... 3 mill. pour la profondeur du filet.
Avec AB........ 5 mill. pour le pas.
Avec la courbe CD. 20 quint., ou 2,000 k. pour l'effort de traction.
Et enfin, avec les lignes EF et GH, et à partir de A^3D :
75 millim. pour le cercle inscrit de l'écrou (tête carrée ou à 6 pans).
Et 86 millim. pour le cercle circonscrit dudit (ou de la tête à 6 pans).

La même manière d'opérer s'applique évidemment aux filets carrés, seulement le pas et la profondeur sont indiqués sur la droite du tableau, afin d'éviter la confusion des lignes.

$$a\,b^2 = \frac{P'\,c^2}{2{,}000{,}000}.$$ (Voyez M. Morin, *Aide-Mémoire*, p. 347, 4e édition.)

dans laquelle a représente la circonférence du boulon en mètres;
b — l'épaisseur du filet égale au pas divisé par 2;
P' — la charge sur chaque filet, ou P divisé par 12;
c — la profondeur du filet égale à peu près au pas divisé par 2.

Le calcul effectué dans ce sens, avec plusieurs diamètres très-différents, a eu pour résultat une concordance parfaite entre les proportions des boulons comme nous les avons établies, et les données de la formule.

(1) Chaque ligne de division ou chaque distance représente le poids d'un quintal métrique ou de 100 kilogrammes.

On voit, en définitive, que sur chaque ligne horizontale du tableau, correspondant à un diamètre donné, se trouvent toutes les dimensions d'un boulon de ce diamètre, à filets triangulaires ou carrés.

Si l'effort de traction est donné, il suffit, pour trouver le diamètre du boulon, de s'élever, à partir du chiffre correspondant sur la base du tableau, jusqu'à la courbe. Ainsi, la charge P étant de 20 quintaux ou 2,000 kilog., on trouve que l'horizontale qui passe au point d'intersection P (fig. 1) de la verticale élevée du point 20 avec la courbe parabolique, vient correspondre à gauche au chiffre 50 millim. qui est alors le diamètre cherché.

Les fig. 2 et 2 *bis* sont les projections d'un boulon type de 50 mill. de diamètre, avec sa tête et son écrou de forme hexagonale; les filets de vis sont tracés suivant des hélices engendrées par les sommets de triangles isoscèles, dont la base, située sur la génératrice du cylindre, est égale au pas

(formule 2e, soit : $p = 0{,}08\,d + 1$ ou $p = 0{,}08 \times 50 + 1 = 5$ mill.),

et dont la hauteur h, perpendiculaire à l'axe, est égale à la profondeur

ou $h = 19/30\,p = 3$ mill. 9 (formule 3e).

L'écrou est supposé tourné sur ses deux bases ou ses faces opposées; celle inférieure, qui doit s'appliquer sur la pièce à fixer, est légèrement arrondie aux angles, afin qu'ils ne touchent pas celle-ci lorsqu'on la serre. Cette surface est produite au tour, c'est évidemment le meilleur mode de faire de bons écrous; les pans ou les faces latérales sont taillées aux machines à fraises ou à burins que nous avons publiées tomes I et III; il en est de même des deux faces de la tête du boulon.

Quant à la face supérieure qui termine l'écrou, elle est habituellement arrondie, suivant une surface sphérique dont le rayon est égal à trois ou quatre fois la hauteur même de l'écrou; cette forme est préférable à celle des angles abattus en chanfrein que l'on applique plutôt aux écrous bruts de forge et non tournés; elle est, d'ailleurs, d'autant plus régulière qu'elle est produite sur le tour même.

La fig. 3 est un modèle de boulon d'écartement ou boulon de fondation ordinaire de 50 mill. de diamètre, exécuté exactement d'après les règles données ci-dessus (7 à 10) pour les boulons à filets carrés, et d'après le tableau graphique. Des boulons de ce genre sont appliqués, mais sur des dimensions plus grandes, pour relier les sommiers des presses hydrauliques; ainsi, il en existe de 100 à 130 mill. de diamètre.

La fig. 4 montre un exemple de boulon à filets carrés puisé dans la série de M. Nillus, du Havre, et appliqué par plusieurs mécaniciens anglais, tels que MM. Penn, Miller, etc., dans la construction des appareils de navigation, soit pour les gros paliers, soit pour les têtes de bielle, ou de tiges de piston des cylindres oscillants, etc. On y a fait l'application d'un système ingénieux destiné à empêcher l'écrou de se desserrer; c'est une sorte de chapeau ou de douille en bronze A qui recouvre en partie

l'écrou en fer E. Celui-ci, hexagonal sur un peu plus du tiers de sa hauteur, est rond en diminuant de diamètre à sa partie supérieure, et porte une entaille *e* dans laquelle s'engage un goujon *g* taraudé sur le côté de la douille pour que l'écrou ne puisse se détourner. Une vis de pression *v*, taraudée à l'extrémité du boulon B et en sens inverse des filets de celui-ci, retient le chapeau et par suite l'écrou. Une telle disposition est appliquée sur toutes les parties de l'appareil qui reçoivent des boulons susceptibles de vibrations, de chocs ou de secousses.

MODÈLES DIVERS DE BOULONS ET D'ÉCROUS.

Tout en adoptant des règles uniformes pour les dimensions des vis et des boulons dans les machines, il est quelquefois nécessaire de modifier certaines parties; ainsi, on ne peut pas toujours exécuter des têtes et des écrous à 6 pans : tantôt la forme est carrée, tantôt elle est ronde; d'autres fois, le boulon ne peut avoir de tête, celle-ci est remplacée par une clavette. Il n'est pas sans intérêt de donner, à ce sujet, quelques exemples de divers boulons et d'en montrer les applications spéciales dans la construction.

Fig. 5. BOULON DE FONDATION. — Ce boulon est à clavette, parce que, destiné à fixer soit une plaque d'assise, soit un support quelconque, sur un massif en maçonnerie, il ne peut s'introduire que par la partie supérieure, et par conséquent il n'a pas de tête. Celle-ci est alors remplacée par une clavette *c* en fer que l'on enfonce dans une mortaise pratiquée à l'extrémité inférieure et dans le sens de l'axe du boulon B.

Cette clavette a généralement pour épaisseur

$$e' = 0,2d \qquad [11]$$

c'est-à-dire les 2/10es ou le 1/5e du diamètre du boulon, et pour largeur ou hauteur verticale

$$h' = 0,9d \qquad [12]$$

Pour qu'elle ne détériore pas la pierre et que le serrage soit solide, il est nécessaire de placer entre cette clavette et la maçonnerie une plaque de fer ou de fonte F qui présente une large surface. En serrant alors l'écrou E, taraudé à la partie supérieure du boulon, on rend le tout parfaitement solidaire.

Les dimensions de ce boulon de fondation varient évidemment suivant les applications que l'on en fait dans la pratique;

Leur diamètre est de 25 à 30 mill., pour assujétir les plaques d'assise des machines à vapeur de 2 à 8 chevaux, ou des beffrois de moulin, sur des massifs en pierre de 1m à 1m 50 de profondeur;

Il peut être de 35 à 50 mill. pour des machines au-dessus de 10 chevaux.

Le nombre de ces boulons est variable et proportionné, d'ailleurs, à l'étendue des plaques d'assise ou des supports à fixer.

Il y a des constructeurs qui ménagent un renflement à la partie inférieure

comme celui indiqué en lignes ponctuées sur la fig. 5, afin de remplacer la force perdue par l'entaille qui reçoit la clavette; mais alors il faut augmenter sensiblement le diamètre du trou percé dans le massif en pierres.

Fig. 6 et 6 *bis*. Boulon de scellement. — Lorsqu'il n'est pas nécessaire de relier tout le massif de maçonnerie avec les plaques et les supports, on emploie, au lieu de boulons à clavettes, des boulons dits à scellement, tel que celui représenté en élévation fig. 6 et en plan fig. 6 *bis*.

Ce boulon a sa tige B carrée en forme de tronc de pyramide, et sur chacune de ses arêtes on pratique à la tranche des bavures saillantes *b* qui ont pour but de gripper à la matière fondue que l'on coule tout autour de la tige, dans le trou plus large pratiqué préalablement dans la pierre; c'est ordinairement du plomb, ou un mastic composé, dans lequel on fait entrer principalement du soufre. Comme, le plus souvent, ces sortes de boulons sont appliqués dans des endroits humides, ou peu apparents, on se contente de faire les écrous bruts et carrés, et comme aussi les plaques sur lesquelles doivent serrer les écrous ne sont pas dressées, il est bon alors d'interposer entre elles et ceux-ci une rondelle en fer tourné qui a l'avantage de mieux faire porter les surfaces.

Fig. 7. Boulon a tête encastrée. — Pour assujétir un palier ou un support sur une plaque d'assise, on fait habituellement la tête carrée, que l'on loge dans une excavation ménagée à la fonte, sous la plaque; telle est la disposition indiquée fig. 7 et qui s'applique dans les moulins comme dans un grand nombre de machines et de transmissions de mouvements. Généralement, dans ces applications, on a le soin de ménager dans la semelle du palier une ouverture oblongue qui permet de la fixer exactement à la place que l'arbre qu'il porte doit occuper.

Fig. 8. Boulon double a deux écrous. — Souvent, par économie de construction, on exécute des paliers avec des boulons qui servent à la fois à les assujétir sur leurs plaques d'assise et à serrer les chapeaux de leurs coussinets. On fait alors les deux bouts taraudés pour recevoir chacun un écrou, comme le montre la fig. 8, et on forme vers le milieu un renflement rond avec un ergot qui pénètre dans le trou évasé du corps du palier. Il résulte de cette disposition qu'en serrant l'écrou inférieur E, on fixe le palier sur sa plaque sans faire tourner le boulon et sans agir sur le chapeau, qui n'est serré que par l'écrou supérieur E′.

Fig. 9 et 10. Boulon a T. — Il n'est pas toujours possible de percer d'outre en outre le trou dans lequel on doit loger un boulon; on est obligé d'employer, dans ce cas, des vis ou boulons taraudés dans la fonte, ou même quelquefois des boulons taraudés des deux bouts, ce que l'on évite autant que possible, toutes les fois que les pièces sont susceptibles d'être serrées ou desserrées souvent; ce boulon, représenté fig. 9 et 10, est appliqué à un palier ordinaire : il est carré dans l'intérieur du corps du palier, et rond seulement au dehors; à sa partie inférieure, il est terminé

par une tête rectangulaire qui ne désaffleure le corps de la tige que de deux côtés seulement.

La place du boulon est venue de fonte dans le palier et est ouverte du côté des coussinets. Cette disposition permet de rapprocher les boulons le plus possible de l'axe de l'arbre, et en même temps d'empêcher les coussinets de glisser latéralement ou de sortir de leur place, attendu qu'on y a ménagé une rainure de chaque côté, dans laquelle vient s'engager le boulon, qui est plus gros que la profondeur de son entaille.

Fig. 11. BOULON A DEUX TARAUDAGES. — La fig. 11 représente un assemblage de foyer de locomotive avec les armatures placées à la partie supérieure; les boulons qui fixent l'armature composée de traverses de fer ou de fonte T, sont taraudés dans la feuille de cuivre rouge G qui forme le ciel du foyer près de leur tête même; ils sont, en outre, taraudés comme à l'ordinaire à l'autre extrémité et portent un écrou qui vient serrer sur la pièce en fonte. Par cette disposition, le boulon est parfaitement fixe après le foyer, avant même de serrer l'écrou.

Fig. 12. BOULON A COULISSE. — Il y a des boulons qui doivent souvent être changés de place, parce que les pièces qu'ils sont appelés à assujétir doivent elles-mêmes changer de position, tels sont les supports à chariot, les supports de tours en général, etc. Les pièces dans lesquelles les boulons doivent se mouvoir sont découpées suivant des mortaises ou rainures plus ou moins longues qui donnent passage à la tige du boulon et dans lesquelles se loge la tête carrée de celui-ci : tel est l'exemple indiqué fig. 12. Lorsque l'écrou est desserré, on peut promener le boulon dans toute la longueur de la rainure, puis le serrer quand la pièce est à sa place.

Fig. 13. BOULON A CROCHET. — Ce genre de boulon est fort utile dans certains cas pour fixer, par exemple, les palettes des roues hydrauliques sur leurs bras, lorsque ceux-ci sont en fer, comme dans les bateaux à vapeur; tel est le boulon représenté fig. 13: il a l'avantage de ne pas obliger de percer de trous dans la pièce à laquelle il s'agrafe. Ce boulon est nécessairement carré dans la hauteur de la pièce, et rond seulement dans l'épaisseur du bois.

Fig. 14. BOULON A OEIL OU A OREILLE. — La fig. 14 représente un boulon appliqué à un presse-étoupe de cylindre à vapeur ou de pompe quelconque : ce boulon est terminé à sa partie inférieure par un œil *o* dans lequel s'engage un goujon *g* taraudé dans la fonte. Le goujon est fendu comme une vis ordinaire, pour pouvoir être serré avec un tournevis ou par une clef à griffe. On est conduit à cette disposition de boulon quand, pour une difficulté de moulage ou pour toute autre cause, on ne peut pas faire venir d'oreille avec la pièce.

Fig. 15 et 16. Ce boulon, semblable, quant au principe, au précédent, en diffère par la forme de l'œil O, qui est allongé au lieu d'être circulaire ; son point d'attache est une partie A fondue avec la boîte à étoupe.

Cette disposition, plus économique que la précédente, se rencontre souvent aujourd'hui dans certaines pompes de petit diamètre et particulièrement dans les pompes alimentaires.

Fig. 17. BOULON A TÊTE HÉMISPHÉRIQUE. — Ce boulon, qui est généralement d'un bon effet en exécution, est aussi moins dispendieux que le boulon à tête hexagonale; il s'applique à un couvercle de cylindre à vapeur ou de boîte à tiroir : le tracé, fig. 17, montre bien comment on l'empêche de tourner par la tête qui est abattue du côté de la surface extérieure du cylindre. Cette disposition est d'autant plus avantageuse pour la construction qu'elle permet de réduire sensiblement la saillie des brides du cylindre et du couvercle et par suite le poids de ces pièces, ce qu'il importe de prendre en considération, surtout dans les machines de bateau et dans les locomotives (1).

Fig. 18. VIS OU BOULON A TÊTE NOYÉE. — Dans ce cas, l'écrou et la tête du boulon sont nécessairement ronds, et ils portent les deux entailles ou rainures opposées, dans lesquelles s'engage la clef à griffe qui doit opé-

(1) Pour en donner un exemple, supposons un cylindre à vapeur de 0m 60 de diamètre intérieur, fermé par un couvercle en fonte, et 10 boulons à tête carrée ou à six pans avec des écrous semblables; si, comme on le voit encore dans bien des machines, on place ces boulons de telle sorte que leur axe se trouve à 25 millimètres de distance de la circonférence extérieure du cylindre, et que la saillie des brides soit de 5 centimètres, leur épaisseur étant pour chacune de 3 centimètres (soit de 6c pour les deux), on arrive à un excédant de poids qui devient très-notable.

En effet, on a d'abord pour le diamètre extérieur du cylindre en lui donnant 0m 025 d'épaisseur :

$$(0{,}60 + (2 \times 0{,}025) = 0^m 65)$$

et pour les brides celui

$$(0{,}65 + (2 \times 0{,}05) = 0^m 75).$$

Par conséquent l'aire de chaque bride en dehors du cylindre est égale à

$$(75^2 \times 0{,}7854) - (65^2 \times 0{,}7854) = 1100^{cq}.$$

Ce qui donne pour volume $1100 \times 6 = 6600^{cc}$.,

ou 6 déc. cub. 600.

Le décimètre cube de fonte étant $7^k 2$,

on a $$6{,}6 \times 7{,}2 = 47^k 52.$$

Et par suite ajoutant à ce poids celui correspondant des couvercles ou fonds du cylindre,

il vient : $$47{,}52 \times 2 = 95^k 04.$$

Si au contraire on eût réduit la largeur des brides à la stricte dimension, en abattant un côté de la tête des boulons, comme nous le supposons fig. 17, elles pourraient n'avoir alors que 36 mill.; par conséquent le diamètre extérieur deviendrait

$$(0^m 036 \times 2) + 0{,}65 = 0^m 722,$$

et la surface serait réduite à $4094 - 3318 = 776^{cq}$.,

ce qui donnerait pour le volume des 2 brides

$$776 \times 6 = 4656^{cc} = 4 \text{ déc. cub. } 656,$$

et pour le poids $4{,}656 \times 7{,}2 = 33^k 52$,

ou en totalité avec la partie correspondante des brides des couvercles,

$$33{,}52 \times 2 = 67^k 04,$$

soit une économie de 28 kil. ou de près de 30 p. 0/0 sur le poids total de ces brides.

rer le serrage. On emploie très-souvent ce système, lorsque les surfaces des pièces à réunir doivent rester lisses et sans aucune saillie.

Fig. 19. BOULON A ERGOT. — Le corps et la tête de ce boulon sont ronds ; il est alors nécessaire, pour l'empêcher de tourner, de placer sous la tête un ergot méplat *e*, qui se loge dans une petite entaille correspondante pratiquée dans la pièce de fonte ou de fer sur laquelle elle s'appuie ; ce genre de boulon à ergot est employé dans les moteurs hydrauliques et autres, comme par exemple pour fixer les aubes sur les bras ou les coyaux.

Fig. 20. VIS DE PRESSION A CONTRE-ÉCROU. — Cette vis est d'un usage assez fréquent : elle s'emploie souvent pour serrer une roue sur son axe ou toute autre pièce; elle sert aussi de vis butante ou d'arrêt; elle est taraudée dans la pièce même qui sert de point d'appui à son action; le contre-écrou E est un moyen d'empêcher la vis de se desserrer, car le mouvement qui tendrait à faire remonter la vis exercerait une action contraire sur le contre-écrou. La forme de la tête et de l'écrou est assez indifférente; la tête peut être ronde ou carrée, mais plus généralement à six pans.

Fig. 21. VIS DE PRESSION A ÉCROU NOYÉ.— Ce système peut servir à différents usages et peut s'appeler vis de centrage, vis calante, vis de nivelage, etc., suivant les applications que l'on en fait. Son écrou est carré et entaillé dans la pièce qui reçoit la vis; il est retenu dans sa place par la pression même qui est exercée sur les filets de la vis qui réagit en sens contraire; en tout cas, il peut être fixé d'une manière quelconque, de façon à ne pas tomber lorsque la vis est desserrée. La tête peut être de formes différentes; on l'a indiquée ici ronde et percée latéralement de quatre trous dans lesquels on passe une broche qui sert de petit levier pour serrer la vis.

Fig. 22. BOULON A ÉCROU PRISONNIER. — Ce genre de boulon est employé très-fréquemment dans la construction des roues hydrauliques, les bancs de tours, les bâtis en charpente, et généralement les constructions en bois ou l'on a besoin d'une grande solidité. C'est surtout pour assembler une traverse sur un morceau de charpente à bois debout que ce boulon est indispensable, puisqu'il ne traverse pas de part en part. L'écrou E est introduit dans sa place par une mortaise ou entaille latérale, qui est ensuite bouchée par un tampon en bois M ; le corps du boulon est rond, la tête et l'écrou sont le plus généralement carrés; sous la tête même du boulon est une rondelle en fer indispensable pour éviter la maculation du bois par les arêtes ou les angles lorsqu'on opère le serrage.

Fig. 23. BOULON A TÊTE RONDE OU CYLINDRIQUE. — Il y a des boulons à tête saillante de forme cylindrique, dont la tige est carrée pour ne pas tourner dans les pièces qu'ils assemblent. Tel est le boulon représenté fig. 23 qui est particulièrement destiné à fixer une pièce de bois encastrée dans une pièce de fonte quelconque, comme un bras de roue hydraulique dans son moyeu, par exemple. Le corps de ce boulon est carré

dans la fonte et dans la pièce de bois, il pourrait être rond évidemment dans cette dernière : on peut donc serrer ce boulon sans difficulté puisque sa tige carrée l'empêche de tourner.

Fig. 24. Vis dite a tête de violon. — Cette vis s'emploie beaucoup pour fixer ensemble des pièces qui ne sont pas susceptibles d'une grande fatigue, et qui doivent être souvent serrées et desserrées ; elle porte une tête de forme elliptique et creusée qui permet de la tourner avec les doigts.

Fig. 25. Écrou a oreilles. — Son usage est tout à fait analogue à la vis précédente : la tête du boulon peut être de forme variable ; ce genre d'écrou est aussi employé pour de petites dimensions de pièces où le serrage n'exige pas une grande force.

Observations. — Dans tous ces systèmes de vis ou de boulons, les proportions doivent suivre évidemment celles qui ont été établies par les règles précédentes, en remarquant que le diamètre de l'écrou rond ou de la tête cylindrique, de même que le diamètre du cercle inscrit dans la tête de l'écrou carré, sont les mêmes que celui déterminé par la formule 5° que nous rappelons ci-dessous :

$$D = 1,4\, d + 5$$

Nous espérons que ces données sur les vis, les boulons et les écrous seront vues avec intérêt par les ingénieurs et par les mécaniciens qui, mieux que personne, savent apprécier l'importance de l'uniformité et de la bonne exécution de ces organes dans la construction des machines, et qui devraient s'étendre aussi bien dans d'autres industries, comme dans la carrosserie, par exemple, où il faut bien le dire, il est pitoyable de voir employer des vis et des boulons qui n'ont aucune proportion, et dont les filets sont à peine formés, d'où il résulte souvent des ruptures ou des assemblages qui ne tiennent pas.

Avant de publier ce travail, nous avons cru devoir le soumettre à des hommes éclairés, à des praticiens connus, afin d'avoir leur opinion, et nous avons eu le bonheur de voir qu'il a été très-favorablement accueilli : ce qui nous a encouragé à le continuer, et à l'étendre sur les autres organes mécaniques.

Nous compléterons ces documents sur les vis et les boulons en donnant d'après M. Benoît, inspecteur chargé de la réception du matériel au chemin de fer du Nord, le tableau suivant relatif au poids approximatif des boulons de différentes dimensions, depuis 10 jusqu'à 50 millimètres de diamètre, en prenant pour poids moyen total de la tête et de l'écrou, le poids d'une tige de fer de même diamètre et d'une longueur égale à cinq fois le diamètre.

TABLE DU POIDS DES BOULONS DE 10 A 50 MI

LONGUEUR en centimètres.	POIDS EN GRAM				
	10 mill.	12 mill.	15 mill.	18 mill.	20 mill.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Tête et écrou..	30	52	103	178	245
1	36	61	116.35	198	269
2	43	70	130.10	218	294
3	49	79	143.85	238	318
4	55	87	157.60	257	343
5	61	96	171.35	277	367
6	67	105	185	297	392
7	73	114	198.85	317	416
8	79	123	213	337	441
9	85	131	226.35	356	465
10	91	140	240	376	490
11	97	149	253.85	396	514
12	104	158	268	416	539
13	100	167	281.35	436	563
14	115	175	295	455	588
15	122	184	308.85	475	612
16	128	193	323	495	637
17	134	202	336.85	515	661
18	140	211	350	535	686
19	146	219	373.85	554	710
20	152	228	378	574	735
21	158	237	391.35	594	759
22	165	244	405	614	784
23	171	255	418.85	634	808
24	177	263	433	653	833
25	183	272	446.85	673	857
26	189	281	460	693	882
27	195	290	473.85	713	906
28	201	299	487	733	931
29	207	307	501.35	752	955
30	213	316	515	772	980
31	219	325	528.85	792	1.004
32	226	334	543	812	1.029
33	232	343	556.35	832	1.053
34	238	351	570	851	1.078
35	244	360	583.85	871	1.102
36	250	369	598	891	1.127
37	256	378	611.35	911	1.151
38	262	387	625	931	1.176
39	268	395	638.85	950	1.200
40	274	404	653	970	1.225
41	280	413	666.35	990	1.249
42	287	42	680.1	1.010	1.274
43	293	431	693.85	1.030	1.298
44	299	439	707.60	1.049	1.323
45	305	448	721.35	1.069	1.347
46	311	457	735	1.089	1.372
47	317	466	748.85	1.109	1.396
48	323	475	763	1.129	1.421
49	329	483	776.35	1.148	1.445
50	335	492	790	1.168	1.470
Sections......	78m. q.	113m. q.	177m. q.	254m. q.	314m. q.

…ES JUSQU'A 50 CENTIMÈTRES DE LONGUEUR TOTALE.

D'UN DIAMÈTRE DE				
30mill.	35mill.	40mill.	45mill.	50mill.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr
823	1.31	1.96	2.77	3.82
878	1.38	2.06	2.89	3.98
933	1.46	2.16	3.12	4.13
987	1.53	2.25	3.140	4.28
1.042	1.61	2.35	3.26	4.44
1.097	1.68	2.45	3.39	4.59
1.152	1.76	2.55	3.510	4.74
1.207	1.83	2.65	3.63	4.89
1.261	1.91	2.74	3.76	5.05
1.316	1.98	2.84	3.880	5.20
1.371	2.06	2.94	4.00	5.35
1.426	2.13	3.04	4.15	5.60
1.481	2.21	3.14	4.250	5.66
1.535	2.28	3.23	4.37	5.81
1.590	2.36	3.33	4.50	3.97
1.645	2.43	3.43	4.620	6.12
1.600	2.51	3.53	4.74	6.27
1.755	2.58	3.27	3.89	6.42
1.809	2.66	3.72	4.990	6.58
1.864	2.73	3.82	5.11	6.73
1.919	2.81	3.92	5.24	6.88
1.974	2.88	4.02	5.360	7.14
2.029	2.96	4.12	5.48	7.19
2.083	3.03	4.21	5.61	7.34
2.138	3.11	4.31	5.73	7.50
2.193	3.18	4.41	5.85	7.65
2.248	3.26	4.51	5.98	7.80
2.303	3.33	4.61	6.100	7.95
2.357	3.41	4.70	6.22	7.11
2.412	3.48	4.80	6.35	8.26
2.467	3.56	4.90	6.470	8.41
2.522	3.63	5.00	6.59	8.57
2.577	3.71	5.10	6.78	8.72
2.631	3.78	5.19	6.840	8.87
2.686	3.86	5.29	6.96	9.03
2.741	3.93	5.39	7.09	9.18
2.796	4.01	5.49	7.210	9.33
2.851	1.08	5.59	7.33	9.48
2.905	4.16	5.68	7.46	9.64
2.960	4.23	5.78	5.580	9.79
3.015	4.31	5.88	7.70	9.94
3.070	4.38	5.98	7.83	10.10
3.125	4.46	6.08	7.950	10.25
3.179	4.53	6.17	8.07	10.40
3.234	4.61	6.27	8.20	10.56
3.289	4.68	6.37	8.32	10.11
3.344	4 76	6.49	8.44	10.86
3.399	4.83	6.57	8.57	11.01
3.453	4.91	6.66	8.690	11.17
3.508	4 .98	6.76	8.84	11.321
3.563	5.06	6.86	8.94	11 474
707m.q.	962m.q.	1257m.q.	1590m.q.	1964m.q.

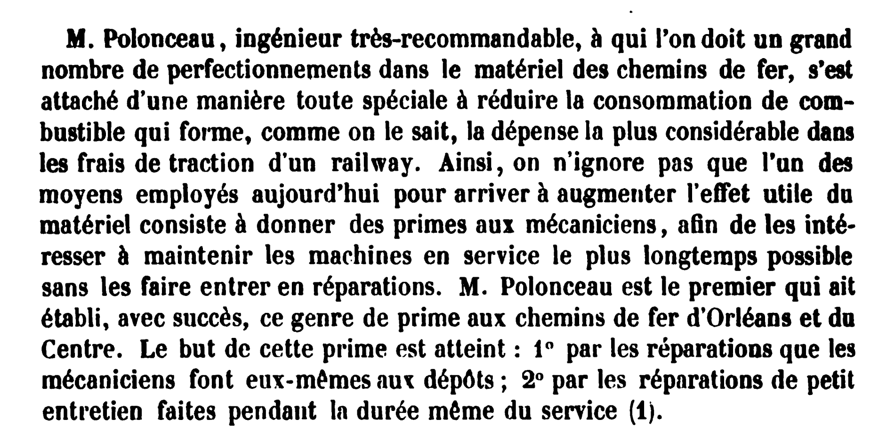
MACHINE LOCOMOTIVE A MARCHANDISES

A QUATRE ROUES COUPLÉES,

PERFECTIONNÉE ET CONSTRUITE

Par M. C. POLONCEAU,
INGÉNIEUR, ENTREPRENEUR DE LA TRACTION DU CHEMIN D'ORLÉANS.

(PLANCHES 4 ET 5.)



M. Polonceau, ingénieur très-recommandable, à qui l'on doit un grand nombre de perfectionnements dans le matériel des chemins de fer, s'est attaché d'une manière toute spéciale à réduire la consommation de combustible qui forme, comme on le sait, la dépense la plus considérable dans les frais de traction d'un railway. Ainsi, on n'ignore pas que l'un des moyens employés aujourd'hui pour arriver à augmenter l'effet utile du matériel consiste à donner des primes aux mécaniciens, afin de les intéresser à maintenir les machines en service le plus longtemps possible sans les faire entrer en réparations. M. Polonceau est le premier qui ait établi, avec succès, ce genre de prime aux chemins de fer d'Orléans et du Centre. Le but de cette prime est atteint : 1° par les réparations que les mécaniciens font eux-mêmes aux dépôts ; 2° par les réparations de petit entretien faites pendant la durée même du service (1).

(1) Voici, d'après le *Guide du mécanicien-constructeur et conducteur de locomotives*, les conventions généralement adoptées sur un grand nombre de lignes.

Les machines, suivant leur nature spéciale et leur mode de construction, ou leur état de conservation, sont divisées en quatre classes : la première et la deuxième pour les machines à voyageurs, la troisième et la quatrième pour les machines à marchandises. La prime n'est allouée qu'au delà d'un certain parcours et varie pour chaque classe, comme l'indique le tableau suivant :

	Classification des machines.	Parcours au delà duquel commence la prime.	Prime allouée pour 1000 k. de parcours au-dessus du minimum.
MACHINES À VOYAGEURS.	1re classe	22.000 k.	5 fr. » c.
	2e —	19.000	5 »
MACHINES À MARCHANDISES.	3e —	16.000	7 50
	4e —	13.000	7 50

Les locomotives à marchandises que M. Polonceau a fait exécuter depuis deux ans dans ses propres ateliers, avec le concours de M. Caillet, sont véritablement très-remarquables sous le rapport de la bonne exécution, comme sous le rapport de l'heureux agencement des organes et des perfectionnements qui y sont appliqués. Nous avons bien regretté de ne pas voir une telle machine à l'Exposition universelle de Londres, où elle aurait certainement figuré en première ligne avec celle de MM. Cail et Ce. Elles peuvent, par le diamètre de leurs roues, s'appliquer aussi au service des voyageurs.

Tout en évitant les inconvénients reprochés, en général, aux locomotives à cylindres extérieurs, le système de M. Polonceau a le mérite d'en avoir les avantages par le rapprochement intérieur des cylindres, par le placement des boîtes et tiroirs de distribution en dehors, et par la disposition même du mécanisme principal qui se trouve compris entre les roues et le châssis extérieur, et par suite à la portée du mécanicien.

L'essieu coudé, dont une partie est complétement solidaire avec le moyeu des roues motrices, ne craint pas les ruptures, les accidents, comme dans les anciennes machines, parce qu'il est plus solidement retenu, porté en quatre points différents, et qu'il est d'une dimension sensiblement plus forte. On sait d'ailleurs que ces sortes de pièces sont actuellement beaucoup mieux forgées, plus saines et plus résistantes, à égalité de diamètre, que celles exécutées en origine.

M. Polonceau, reconnaissant par expérience que les robinets coniques, tels qu'on les avait appliqués jusqu'alors sur toutes les locomotives, occasionnent souvent des fuites et sont presque constamment en réparations, a cherché à les remplacer par des soupapes à tiges filetées qui ont l'avantage d'être plus durables et de ne pas avoir les mêmes inconvénients.

On lui doit aussi une disposition très-heureuse pour l'agencement des tuyaux qui mettent la locomotive en communication avec son tender. Afin d'éviter l'emploi des raccords mobiles à rotule et à fourreau, lesquels fuient presque toujours et sont très-dispendieux d'exécution, il a eu l'idée de disposer les tubes en serpentin, de telle sorte que, quoiqu'il n'y ait aucune articulation, ils présentent toute la flexibilité désirable dans tous les sens.

Il est aussi parvenu à simplifier la construction de la chaudière, en supprimant cette forêt de tringles ou de tirants en fer qui reliaient les deux fonds, c'est-à-dire la boîte à feu et la boîte à fumée, et en appliquant des cornières qui ont le mérite de rendre ces parois très-solides, et d'être beaucoup moins embarrassantes.

Enfin ces machines sont dans de très-bonnes conditions pour la stabilité propre, pour la puissance de vaporisation et l'économie de vapeur.

Nous espérons pouvoir être à même de donner bientôt les résultats des expériences dont M. Polonceau s'occupe avec activité, au sujet des nouveaux appareils de M. Corbin, qu'il a fait établir pour éviter l'entraînement

de l'eau par la vapeur, dans les cylindres; c'est une question extrêmement importante dont s'occupent plusieurs ingénieurs qui, nous n'en doutons pas, parviendront à la résoudre d'une manière satisfaisante.

Nous aurions encore d'autres perfectionnements à signaler, mais nous pensons qu'ils se verront suffisamment en étudiant les dessins que nous en donnons planches 4 et 5 avec la description qui suit (1) :

DESCRIPTION DES PARTIES PRINCIPALES DE LA LOCOMOTIVE
REPRÉSENTÉE SUR LES PLANCHES 4 ET 5.

La fig. 1re, pl. 4, représente une vue latérale de la locomotive entière avec une portion du tender qui l'alimente ; une partie de la chaudière et de la boîte à fumée est déchirée pour laisser voir en coupe le régulateur de vapeur, le trou d'homme et les clapets de tirage.

La fig. 2 est un plan général de la machine, la chaudière enlevée ; d'un côté, le cylindre, la distribution et les roues sont vus extérieurement; de l'autre, ils sont supposés coupés par un plan horizontal avec une portion du tender.

La fig. 3, pl. 5, est une vue par bout, du côté du foyer, devant le plancher sur lequel se placent le mécanicien et le chauffeur.

La fig. 4 est une section verticale et transversale faite par l'axe des roues motrices en regardant en avant.

Et la fig. 5 est une seconde section faite vers le milieu des cylindres et par l'axe de la cheminée.

Chaudière et accessoires. — On se rappelle que dans les chaudières dites à dôme carré du système de Stephenson, les faces verticales de l'enveloppe qui entoure la boîte à feu se prolongent jusqu'à la hauteur de l'arête supérieure du corps cylindrique, et se raccordent ou se terminent en s'arrondissant par des portions de surfaces qui se coupent en ogive. Par cette disposition, on obtenait une capacité assez considérable pour le réservoir de vapeur; mais ce mode de construction, qui est plus difficile et embarrassant, est généralement abandonné aujourd'hui; on préfère une disposition plus simple, comme celle adoptée par M. Polonceau, et que l'on a déjà vue dans les Crampton.

Cette disposition consiste à donner au corps ou à la partie cylindrique de la chaudière, un diamètre égal à la largeur de la boîte à feu extérieure A, et à terminer celle-ci par un demi-cylindre qui n'est autre que le prolongement même du corps cylindrique A′. Celui-ci, sur sa demi-circonférence inférieure, se raccorde avec la paroi antérieure de l'enveloppe A qui est emboutie à cet effet; la paroi postérieure de cette enve-

(1) Ayant déjà publié dans ce Recueil plusieurs systèmes de locomotives avec des détails assez complets, et en particulier la locomotive du chemin de fer du Nord et celle de Crampton, nous ne croyons pas devoir faire la description de celle-ci d'une manière aussi étendue; nous nous arrêterons surtout, comme nous en avons adopté précédemment la méthode, aux parties principales qui présentent quelque particularité.

loppe s'élève verticalement jusqu'à la rencontre du demi-cylindre et a ses bords rabattus en forme de cornière pour lui servir d'attache.

Pour empêcher la pression de la vapeur de déformer les parois planes et verticales du foyer et de la boîte à fumée, on les reliait vers la partie supérieure avec de grands boulons ou tirants en fer, et on consolidait en outre le dôme lui-même par d'autres tirants qui formaient une armature compliquée et à peu près inutile. On renonce actuellement à ce mode qui est remplacé par la disposition appliquée avec succès par M. Polonceau et qui consiste simplement à consolider les parois planes par des cornières doubles en fer *a* (fig. 1re).

Afin d'éviter autant que possible la déperdition de la chaleur, on entoure habituellement le corps de la chaudière d'une première couverture en gros feutre que l'on enveloppait ensuite avec des douves en bois de sapin ou d'acajou. On place maintenant, directement sur la chaudière, des douves en bois enfermées dans une enveloppe de tôle mince A^2, en ayant le soin de laisser un espace de dix à quinze millimètres pour former une couche d'air.

La prise de vapeur, au lieu de se faire au-dessus du foyer comme dans les machines du Nord, a lieu vers l'autre extrémité de la chaudière, dans la cloche B qui surmonte cette partie et qui porte le couvercle B′ du trou d'homme (fig. 1re). La vapeur qui se dégage de toute la surface de l'eau dans la longueur de la chaudière est toujours obligée de revenir jusqu'à l'arrière, afin de s'introduire dans le tuyau longitudinal C, et de passer, quand le régulateur D est ouvert, dans le prolongement C′ qui se divise en deux branches C^2 pour aller aux cylindres.

A la partie inférieure du foyer, au-dessous de la grille, on applique un robinet de vidange, de forme ordinaire; M. Polonceau a remplacé ce robinet par un système à soupape, indiqué en coupe verticale et en section horizontale sur les fig. 6 et 7, pl. 5. On voit que ce système consiste en une sorte de boîte en cuivre E, fondue avec une bride que l'on boulonne à la paroi extérieure du foyer (fig. 1 et 2), et à laquelle on a ménagé un siége circulaire, sur lequel repose la soupape *b*, dont la tige filetée traverse un couvercle ou stuffingbox *b′*, et reçoit à son sommet une clef à poignée *c*, mise à la disposition du mécanicien, afin d'ouvrir ou de fermer la soupape de la partie supérieure, en la tournant à droite ou à gauche.

Ce genre de robinet à soupape que l'on voit aujourd'hui appliqué dans d'autres circonstances, et en particulier sur des tuyaux de prise d'eau, est bien préférable aux robinets ordinaires à clefs coniques qui ont l'inconvénient de gripper, de s'user rapidement et d'occasionner presque toujours des fuites. Aussi M. Polonceau, après en avoir reconnu les avantages, n'a pas craint de remplacer les divers robinets appliqués sur ces locomotives par des robinets à soupape analogues à celui-ci.

C'est ainsi qu'il a fait exécuter les robinets de jauge *d*, suivant le dessin (fig. 8), et les robinets graisseurs des cylindres ou autres qui doivent

former réservoir à huile, selon le tracé indiqué en coupe (fig. 9). Il en est de même des autres robinets appliqués soit aux niveaux d'eau, soit aux tuyaux d'alimentation, etc.

CYLINDRES A VAPEUR ET DISTRIBUTION. — Les cylindres à vapeur G placés directement au-dessous de la boîte à fumée F, au lieu d'être à l'extérieur de la machine, se trouvent au contraire en dedans et très-rapprochés, à l'inverse des machines du Nord, mais aussi les boîtes et tiroirs de distribution se trouvent entièrement en dehors au lieu d'être à l'intérieur. Ces cylindres sont parfaitement assujétis, en ce que, d'une part, ils se boulonnent au fond horizontal *f* de la boîte à fumée, auquel se fixent également les boîtes de distribution H, et qu'en outre, ils se relient sur toute leur longueur aux longrines en tôle *g*. De cette sorte, on ne craint jamais de dérangement dans la position des cylindres, qui restent parfaitement solidaires avec l'armature de la machine.

Adoptant seulement la détente par recouvrement, M. Polonceau n'a appliqué que le simple tiroir de distribution I, comme on le fait le plus généralement aujourd'hui, avec la coulisse de Stephenson, pour lui donner le mouvement ; et en plaçant, comme il l'a fait, la distribution à l'extérieur, il a eu l'avantage de pouvoir mettre les excentriques J et J′ qui doivent servir pour la marche en avant et la marche en arrière, à l'extérieur des roues motrices R, c'est-à-dire vers les extrémités de l'essieu coudé K. De cette sorte, tout le mécanisme principal se trouve presque entièrement en dehors de la locomotive, et par suite à la vue et à la portée du mécanicien. On réunit donc, par cette disposition, les avantages des machines à cylindres extérieurs sans en avoir les inconvénients.

Les pistons à vapeur, qui demandent, comme on sait, les plus grands soins dans l'exécution, et qui exigent une justesse extrêmement grande dans toutes leurs parties, ont été parfaitement étudiés par M. Polonceau. Après divers essais, il s'est arrêté à la disposition indiquée sur les fig. 10 et 11, comme donnant de très-bons résultats et susceptibles d'une longue durée sans occasionner de fuites ni de réparations.

On voit que ce piston se compose d'un disque en fonte P alésé et fileté à son centre pour recevoir sa tige T, qui non-seulement vient s'y tarauder, mais s'y trouve de plus retenue par une clavette. Son couvercle P′, qui doit tenir la garniture métallique à la circonférence, n'est autre qu'une embase ou rondelle également en fonte, retenue au corps du piston par cinq boulons à écrous, lesquels ne peuvent se desserrer à cause de la platine en tôle *p*, dont cinq entailles pratiquées sur les bords embrassent les écrous en partie. La garniture métallique se compose simplement de deux cercles égaux *q*, *q′*, fendus chacun d'un côté et placés entre le plateau du piston et son couvercle ; ces cercles étant fortement écrouis font nécessairement ressorts, et tendent d'autant mieux à s'ouvrir, qu'ils sont pressés du dedans au dehors, l'un par le coin *r*, et l'autre par un coin semblable *r′*. Sur ces coins agissent les ressorts méplats et circulaires *s*, *s′*, dont on règle la ten-

sion à volonté au moyen des vis *t* et *t'*. Avec une telle disposition de piston, on peut marcher à des pressions très-considérables, qui dans certaines locomotives s'élèvent quelquefois à sept et huit atmosphères.

Essieux, roues motrices et bielles. — Les tiges des pistons sont assemblées aux bielles motrices par une douille en fonte Q que l'on voit en coupe et en plan sur les figures 12 et 13. Ces douilles sont ajustées dans les pièces à coulisses Q', qui forment les glissières proprement dites avec des joues de chaque côté, comme le montre la section transversale fig. 14, afin de guider les pistons dans leur course en marchant entre les deux plates-bandes fixes S (fig. 2). Un goujon ou tourillon aciéré *h*, traverse l'œil de la douille qui l'embrasse par une bague ou coussinet en cuivre et qui l'assemble avec l'extrémité des deux branches de la bielle à fourche N.

La construction de cette bielle est aussi très-bien entendue ; ce sont également des pièces difficiles qu'il est indispensable de forger avec soin et dont toutes les parties doivent être bien ajustées. C'est surtout la tête de la bielle qui présente le plus de difficulté à cause du grand diamètre du tourillon qu'elle doit embrasser ; on en voit bien la construction dans les fig. 15 et 16, qui représentent cette partie de la bielle en coupe verticale et en section horizontale. Sur son extrémité s'ajuste la bride N' qui est également en fer forgé et retenue par les clavettes à queue d'hironde *n*, puis traversée par le grand boulon à double écrou *n'* ; dans cette bride sont ajustés les deux coussinets en bronze N^2, alésés au diamètre convenable pour embrasser le bouton de l'arbre coudé K. Ils sont constamment graissés par une petite mèche logée dans le réservoir d'huile n^2 qui est ménagé sur la partie supérieure de la bride et qui est maintenu constamment fermé à l'aide d'une plaque et d'un petit ressort à boudin.

On sait que les essieux coudés étaient des pièces redoutables dans les locomotives, à cause des chances de rupture qu'ils présentaient en origine, faute de bonne exécution, c'est ce qui avait engagé les ingénieurs et les constructeurs à les éviter en disposant alors les cylindres à vapeur à l'extérieur. Mais comme dans ces sortes de machines le mouvement de lacet est sensiblement plus grand que dans les machines à cylindre intérieur, comme elles présentent d'ailleurs plus d'étendue en largeur et plus de surface à l'air, on a dû revenir au moins en partie aux dispositions antérieures, mais alors avec des modifications très-importantes, qui ont considérablement amélioré le système. Sous ce rapport, on peut dire sans crainte que la machine de M. Polonceau est un bon modèle à suivre. L'essieu coudé K, auquel on donne des dimensions notablement plus fortes qu'on ne le faisait d'abord, est aussi beaucoup mieux forgé et par suite plus solide, il se trouve enfin dans des conditions bien plus favorables que dans les systèmes analogues qui avaient été adoptés précédemment.

Ainsi une portion des coudes se trouve emboîtée dans le moyeu des roues motrices, comme on le voit sur les fig. 2 et 4 ; et comme la partie

évidée est tout proche de ces roues, la puissance transmise par les pistons à vapeur en est elle-même très-rapprochée ; il en résulte que les coudes fatiguent beaucoup moins que lorsqu'ils étaient tout près l'un de l'autre. Cet essieu moteur est en outre supporté par quatre coussinets, dont deux extérieurs V sont ajustés dans les fourches des grands longerons L, et les deux autres V′ sont ajustés dans celles des longrines *g*. Ces derniers reçoivent la pression d'un ressort transversal *l* suspendu directement au-dessous de la chaudière, tandis que les deux premiers reçoivent comme à l'ordinaire la pression des grands ressorts L′.

Les excentriques qui font marcher les tiroirs de distribution sont placés, comme l'indiquent les figures 2 et 4, entre les roues motrices et les longerons extérieurs ; ils sont chacun composés de deux pièces en fonte (fig. 17 et 18) et embrassés sur leur circonférence par un collier en bronze H′ qui est également composé de deux pièces réunies par des boulons à doubles écrous et à clavettes, afin de ne pas se desserrer.

Chacun des colliers se termine par une bride, afin de se boulonner aux tirants d'excentriques I′, I′ (fig. 2) qui, comme on le sait, s'assemblent de l'autre bout avec la coulisse *v* (fig. 1re).

Les machines à marchandises étant particulièrement destinées à traîner de fortes charges, il est indispensable d'accoupler les roues, afin d'augmenter l'adhérence sur les rails. Cet accouplement a lieu entre les roues motrices R et les roues d'arrière R′. Il suffit, à cet effet, de rapporter à l'extrémité de l'essieu coudé K et de l'essieu droit K′ des manivelles en fer M, M′ qu'on relie par les bielles de connexion O. Ces bielles, qui sont aussi en fer forgé, ont leurs têtes construites comme le montrent les détails (fig. 19 et 20).

On voit qu'elles ne diffèrent de celle des bielles motrices que parce que la bride, au lieu d'être rapportée, est au contraire forgée avec le corps même de la bielle, ce qui est possible, puisque les tourillons ou les boutons sur lesquels elles se montent sont tout à fait à l'extérieur ; du reste, dans l'une comme dans l'autre, les coussinets sont en bronze et en deux pièces graissées de la même manière et serrées au besoin par un coin à face oblique *o* que l'on fait monter ou descendre à l'aide de la vis de rappel *o′* dont on empêche le desserrage en retenant la tête par une goupille.

Le petit écartement des roues extrêmes que l'on a obtenu sans inconvénient, en donnant du porte-à-faux aux cylindres en avant du premier essieu, atténue le reproche que l'on fait à l'accouplement des roues motrices avec les roues d'arrière.

Comme dans les locomotives du Nord, les pistons des pompes alimentaires U marchent directement par les excentriques J′ qui commandent les tiroirs pour la marche en arrière. A cet effet, une oreille *j* (fig. 17 et 18) est ménagée au collier d'excentrique, afin d'y attacher par articulation les bielles ou tiges de piston *u* (fig. 1 et 2)

Habituellement, pour mettre ces pompes en communication avec le réservoir d'eau qui se trouve sur le tender, on emploie des tuyaux à rotule composés chacun de deux parties glissant l'une dans l'autre et réunies par un joint sphérique, afin de se prêter à tous les mouvements relatifs du tender et de la machine. Mais, comme par ce mode d'assemblage mobile, les joints sont très-susceptibles de fuir, M. Polonceau a cherché à le remplacer par une disposition plus simple qui a été employée avec succès, d'abord au chemin de fer de Versailles (rive gauche), puis sur les nouvelles machines qu'il a construites pour le chemin de fer de Paris à Orléans. Les anciens tuyaux en toile sont remplacés par des tuyaux en cuivre rouge Y, Y', d'une faible épaisseur, d'environ quatre centimètres de diamètre et contournés en cercles ou en spirales, comme on le voit sur le plan fig. 2, de manière à former un tour de spire entier entre les deux raccords qui sont sous le prolongement l'un de l'autre.

Ce système permet toute la flexibilité nécessaire pour obéir à tous les déplacements du tender par rapport à la locomotive, et a l'avantage de tenir parfaitement l'eau et la vapeur. Ces tuyaux d'aspiration sont soutenus de place en place par des chaînettes *y* et des pattes en fer *y'*; ils sont chacun munis d'un tube réchauffeur Z qui s'élève jusqu'au-dessus de la chaudière où il porte un robinet *z* (fig. 3), afin de servir à envoyer dans le tender pendant les stationnements l'excédant de vapeur produite par le générateur et qu'on utilise pour réchauffer l'eau. Il est utile que cette prise de vapeur ait lieu le plus haut possible, afin que l'eau ne puisse pas être entraînée. Comme pour les autres robinets dont nous avons parlé, celui *z* est aussi composé d'une soupape montée sur une tige à vis. L'entrée de l'eau dans la chaudière se fait en avant près de la boîte à fumée, par le tuyau à soupape Z' que l'on voit sur l'élévation (fig. 1re).

RÉSULTATS D'EXPÉRIENCES.

DÉPENSE D'EAU ET DE COKE. — Nous donnons, d'après *le Guide du mécanicien constructeur et conducteur de machines locomotives*, les résultats d'expériences qui ont été faites sur le chemin de fer de Paris à Orléans, par M. Bertera, ingénieur des mines, avec le concours de M. Polonceau, au sujet de la dépense en eau et en coke sur les machines à voyageurs et à marchandises.

La dépense d'eau n'a que peu d'importance au point de vue du coût de la matière, c'est deux centimes environ par kilomètre. Une économie de un quart à un tiers ne représenterait qu'une somme totale assez faible dans les frais d'exploitation d'une grande ligne de chemin de fer. L'inconvénient d'une dépense d'eau trop considérable, c'est surtout l'augmentation de la dépense du combustible, soit parce qu'elle donne lieu à des condensations, soit parce qu'elle détermine des résistances à l'écoulement de la vapeur, et par suite des pertes de pressions motrices et des accroissements de pressions résistantes.

Il n'a pas été possible jusqu'ici d'établir une division entre les quantités d'eau perdues par entraînement mécanique et celles qui sont perdues par la condensation de la vapeur dans les cylindres. Il est constant qu'en diminuant cet entraînement, on contribuera doublement à diminuer la dépense d'eau totale.

On ne saurait trop louer à cet égard les efforts que fait M. Polonceau, et avec lui plusieurs ingénieurs, comme M. Gouin, M. Flachat, M. Clément Désormes, etc., pour parvenir à éviter autant que possible cet inconvénient. Le système imaginé par M. Corbin, et que M. Polonceau met en application au chemin de fer d'Orléans, nous paraît devoir atteindre le but, en ce qu'il repose sur un effet physique, l'attraction moléculaire des corps solides ou fluides. M. Corbin a eu l'idée de placer dans la partie supérieure de la chaudière qui forme réservoir de vapeur, une sorte de peigne métallique composé d'une infinité de petites tiges en laiton à travers lesquelles la vapeur qui se dégage pendant la combustion est forcée de passer avant de se rendre aux tuyaux qui la conduisent aux cylindres. Comme l'eau a plus d'affinité pour le métal que pour la vapeur, elle se trouve arrêtée à la surface de toutes ces tiges, qui, étant verticales, la déversent dans une gouttière pour la ramener au fond de la chaudière ; de cette sorte, la vapeur se dégage de l'eau qu'elle a pu entraîner et arrive ainsi plus sèche aux cylindres.

Dans les expériences faites sur les locomotives d'Orléans, la pression de la vapeur dans les cylindres a été mesurée sur de nombreux diagrammes relevés avec l'indicateur de Watt, ce qui a permis d'évaluer le rapport du poids théorique de vapeur correspondant au volume engendré par les pistons, à la consommation d'eau effective. Le tableau suivant donne les résultats constatés et calculés par M. Bertera.

INDICATION des MACHINES.	DATE des expériences.	PARCOURS.	CONSOMMATIONS TOTALE. Coke.	CONSOMMATIONS TOTALE. Eau	CONSOMMATIONS PAR KILOM. Coke.	CONSOMMATIONS PAR KILOM. Eau	EAU dépensée par kilogramme de coke.	Proportion d'eau entraînée et condensée.
		k.	k.	k.	k.	k.	k.	
Machine à voyageurs, nº 62.	13 mai....	122	645	5.95	5.28	48.76	9.22	37 p. 0/0
	14 mai....	122	581	5.30	4.76	43.44	9.44	44 p. 0/0
Moyenne.........	....	......	613	5.62	5.02	46.10	9.10	41 p. 0/0
Machine à marchandises, nº 154.	10 juin....	122	»	8.83	»	72.35	»	57 p. 0/0
	22 juin....	122	850	8.54	6.96	70.00	10.05	47 p. 0/0
Moyenne.........	....	......	»	8.65	»	71.17	»	52 p. 0/0

Les résultats de ce tableau sont d'accord avec ceux des expériences antérieures; on trouve une dépense d'eau considérable pour chaque kilogramme de coke consommé dans le foyer; pour la machine 62 en particulier, elle diffère peu de la proportion constatée, en 1844, sur la machine 37, construite sur le même modèle. Pour la machine 154, l'augmentation de la vaporisation brute est due, pour une certaine partie, aux dimensions plus grandes de la surface de chauffe et la moindre vitesse de la machine, mais elle doit être attribuée surtout à la déperdition mécanique de l'eau.

La faible proportion de vapeur utilisée doit résulter surtout de ce que la détente est très-prolongée, la vapeur n'étant admise habituellement que pendant les 25 centièmes de la course, tandis que dans la machine 62 l'admission a lieu pendant 35 centièmes; par suite, la condensation doit être plus grande dans les cylindres, et l'intermittence des admissions de vapeur dans chaque cylindre peut déterminer des projections d'eau à l'intérieur de la chaudière; il y a même tout lieu de croire que, dans ces circonstances, l'application du tuyau de prise de vapeur Crampton à cette machine, et spécialement la distribution des ouvertures d'introduction de la vapeur, plus multipliées au-dessus du foyer que sur les autres points, est pour quelque chose dans ce résultat.

Pression de la vapeur sur les pistons. — La tension de la vapeur ne peut pas être la même dans les cylindres que dans la chaudière. Il importe de savoir ce qui a lieu à cet égard, afin de pouvoir mesurer le travail de la vapeur sur les pistons et d'apprécier les conséquences de tel ou tel mode de distribution ou de l'usage que fait le mécanicien des appareils dont il dispose, tels que le régulateur et le levier de détente.

Peu d'expériences ont été faites jusqu'ici sur cette importante question; d'après celles de MM. Gouin et Le Chatelier, publiées en 1845, il a été reconnu, en premier lieu, qu'à la vitesse de 45 kilomètres à l'heure, la tension de la vapeur dans la boîte des tiroirs pour des sections d'ouvertures du régulateur de 15 à 91 c. q. variait de 0.64 à 0.96, celle de la chaudière étant prise pour l'unité. On a reconnu en second lieu que la perte de tension qu'éprouvait la vapeur au passage des lumières et de leurs conduits, variait de 15 à 5 p. 0/0 de la tension constatée dans la boîte des tiroirs, et qu'elle pouvait être évaluée, en moyenne, à 9 ou 10 p. 0/0.

Les expériences faites en 1850 par M. Bertera, permettent d'apprécier l'influence des étranglements occasionnés par la diminution de course du tiroir, lorsqu'on détend au moyen de la coulisse de Stephenson. Ces expériences ont été faites sur deux machines dont l'une à voyageurs, nº 62, système Stephenson, et l'autre à marchandises, nº 154, système Polonceau décrit plus haut.

Voici les dimensions principales de ces machines, celles du moins qui peuvent influencer les résultats.

	Machine 154.	Machine 62.
Section maxima du régulateur.	105 c.q.	125 c.q.
Section du tuyau de prise de vapeur. . .	78 c.q.	78 c.q.
Longueur développée de vapeur.	1m 57	1m 48
Section du tuyau de distribution.	103 c.q.	122 c.q.
Longueur développée de distribution. . .	0m 615	0m 765
Section des lumières d'admission.	121 c.q.	112 c.q.
Longueur développée d'admission. . . .	0m 360	0m 320
Diamètre des cylindres.	0m 44	0m 40
Course des pistons.	0m 60	0m 56
Diamètre des roues motrices.	1m 50	1m 68

Les expériences relatives à l'entraînement de l'eau, et que nous avons rapportées plus haut, font partie de celles dont les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

NOMBRE des diagram. relevés.	SECTION du régulateur. — Moyenne	DÉTENTE.			VITESSE MOYENNE en kilomètres à l'heure.	PRESSIONS ABSOLUES (en kilogrammes par centimètre carré).				
		Cran de détente.	Admiss. en centim. de la course.	Ouvert. maxima des lumières		Chaudière. (a)	Boîte des tiroirs. (b)	Cylind. (c)	RAPPORTS $\frac{c}{a}$	$\frac{c}{b}$
»	cent. car.	»	»	mètres.	kilomètres.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	»	»
MACHINE A MARCHANDISES No 154 (Système Polonceau).										
3	»	9	0.17	0.005	26.6	6.24	5.86	3.22	0.52	0.59
16	»	8	0.23	0.006	25.2	5.98	5.23	3.37	0.56	0.64
6	»	7	0.30	0.007	31.4	5.94	5.38	3.92	0.66	0.73
MACHINE A VOYAGEURS No 62 (Système Stephenson).										
24	»	8	0.34	0.009	40.6	6.80	6.10	3.40	0.50	0.56
4	»	7	0.43	0.011	42.4	6.87	5.84	3.17	0.46	0.54

Pour la dernière machine, on remarque que le rapport de la tension de la vapeur dans les cylindres et dans la boîte des tiroirs est plus petit pour le cran 7 que pour celui 8 de la détente, tandis que le contraire devrait avoir lieu. Cette anomalie, du reste, très-peu considérable, s'explique jusqu'à un certain point par la plus grande vitesse et par la moindre pression dans la boîte des tiroirs; elle peut tenir également à quelque incertitude dans les résultats constatés, qui ne peuvent pas, du reste, présenter une rigueur mathématique.

Ces tableaux, ainsi que nous l'avons annoncé en parlant de la coulisse de Stephenson, font voir qu'avec une forte tension dans la chaudière, on peut encore obtenir dans les cylindres une tension de vapeur de trois à quatre atmosphères; de telle sorte que l'emploi de la vapeur sans condensation n'y soit pas trop désavantageux, et que cette tension élevée est une des conditions de l'application de cet appareil de détente.

Contre-pression pendant l'échappement. — La nécessité de jeter la vapeur animée d'une certaine vitesse dans la cheminée, la rapidité du mouvement des pistons et les résistances qu'éprouve la vapeur à son passage dans les lumières et dans les conduits d'échappement, sont autant de causes qui empêchent la vapeur de tomber à la pression atmosphérique derrière le piston ; en outre, lorsque la détente fixe ou variable par la coulisse de Stephenson est un peu prolongée, les orifices d'échappement sont formés avant la fin de la course du piston, et la vapeur se comprime en créant une pression résistante qui s'ajoute à celle résultant des résistances à l'échappement.

MM. Le Chatelier, Flachat, Petiet et Polonceau ont réuni dans un même tableau les résultats obtenus à ce sujet par MM. Gouin et Le Chatelier, par M. Gosch et par M. Bertera. Ce tableau ne donne que des moyennes qui seules peuvent présenter de l'intérêt.

Nombre de diagram. relevés.	Cran de détente.	Compression en centièmes de la course.	Ouverture maxima des lumières.	Vitesse moyenne en kilomèt. à l'heure.	Pressions absolues (en kilogr. par centimètre carré). Maxima pendant l'admission.	Maxima pendant l'échappement.	Moyenne. Motrice.	Moyenne. Résistante.	Rapports des pressions moyennes.	Observations.
			m.	kilom.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilogr.	
Machine a détente fixe *la Gironde*.										**Expériences** *de MM. Gouin et Le Chatelier.* On a enlevé 0m018 de recouvrement intérieur pour la 2e série d'expérience.
50	»	0.22	0.030	41.44	4.27	1.70	4.41	2.06	0.50	
13	»	0.11	0.030	54.62	»	»	4.94	2.34	0.57	
Machine *Great-Britain* (large voie).										**Expériences** *de M. Gooch.* Les éléments de l'admission et de l'échappement ne sont pas fournis par les documents que l'auteur a publiés.
29	»	»	»	32.08	3.02	1.03	2.59	1.20	0.46	
18	»	»	»	69.19	5.27	1.33	4.15	1.60	0.39	
19	»	»	»	93.66	6.49	1.83	5.19	2.12	0.40	
Machine a marchandises du chemin de fer d'Orléans, No 154.										**Expériences** *de M. Bertera.*
3	9	0.50	0.005	26.6	3.22	1.20	2.14	1.48	0.69	
13	8	0.40	0.006	25.5	3.38	1.30	2.36	1.59	0.67	
6	7	0.35	0.007	21.4	3.92	1.35	2.90	1.63	0.56	
Moyennes.	»	»	»	24.5	3.51	1.30	2.48	1.58	0.64	
Machine a voyageurs du chemin de fer d'Orléans, No 62.										**Expériences** *de M. Bertera.*
21	8	0.25	0.009	40.9	3.32	1.71	2.95	1.89	0.64	
4	7	0.16	0.011	42.4	3.17	1.70	2.98	1.94	0.65	
Moyennes.	»	»	»	41.1	3.29	1.71	2.95	1.90	0.64	

Un coup d'œil jeté sur ce tableau fait voir combien il y a à rabattre de la mesure de la pression observée dans la chaudière, lorsqu'on veut se rendre compte de la pression utile de la vapeur dans les cylindres pour calculer le travail qu'elle développe sur les pistons. La réduction serait moindre si on n'avait pas pris les tensions absolues au lieu des pressions effectives, et si la pression atmosphérique avait été déduite, mais celle-ci est une partie de la résistance; elle disparaît dans certaines machines, et il y a lieu d'en tenir compte, d'autant plus qu'elle est une des causes déterminantes ou aggravantes des autres résistances.

Combustion et tirage. — Les expériences de M. Polonceau, faites récemment sur le tirage, au moyen de manomètres à eau indiquant la dépression produite dans la boîte à fumée et dans le foyer par l'appel des gaz chauds, sont consignées dans le tableau suivant :

CRAN de la DÉTENTE.	TUYAU D'ÉCHAPPEMENT ouvert entièrement.		TUYAU D'ÉCHAPPEMENT ouvert à moitié.		TUYAU D'ÉCHAPPEMENT fermé.		OBSERVATIONS.
	Boîte à fumée.	Foyer.	Boîte à fumée.	Foyer.	Boîte à fumée.	Foyer.	
1............	5.3	3.3	10.8	5.8	20.8	10.3	La dépression du manomètre dans la boîte à fumée ou dans le foyer, est représentée sensiblement par les nombres suivants :
2............	5.0	2 8	8.4	4.2	16.7	8.3	
3............	4.2	2.3	8.0	4.1	14.1	7.1	Échappement ouvert. 1.0
4............	5.7	3.3	8.7	4.4	13.3	7.2	— à moitié ouvert. 1.5
5............	4.4	2.7	6.6	3.8	12.3	6.6	— fermé......... 3.0
6............	3.4	2.1	5.5	3.0	9 5	5.0	
7............	3.2	2.0	3.8	2.2	8.0	4.2	
8............	1.6	1.0	3.0	1.8	4.8	2.6	Moyenne générale :
Rapport moyen.	0.59		0.53		0.52		0.55

Ces expériences ont été faites sur la ligne de Corbeil avec la machine n° 132 (type Stephenson). Elles font ressortir un résultat assez remarquable, c'est que la dépression du manomètre dans le foyer est moitié moindre que dans la boîte à fumée; la moitié du tirage est employée à faire passer l'air à travers la grille et le combustible, l'autre moitié à faire passer les gaz chauds à travers les tubes.

Des expériences du même genre, faites sur le chemin de fer du Nord, ont constaté que le rapport entre les dépressions dans la boîte à fumée et la boîte à feu varient de 60 à 70 p. 0/0.

Résistances aux mouvements. — En groupant les divers résultats obtenus au sujet des résistances qui s'opposent à la marche des convois sur un chemin de fer, les auteurs du *Guide de locomotives* décomposent

comme suit la résistance totale qu'un convoi de 60 tonnes éprouve dans son mouvement à la vitesse de 45 kilomètres à l'heure.

1° Résistance du convoi brut par tonne.	
Due aux mouvements des véhicules.	6k 50
Due aux frottements du mécanisme de la machine sans charge.	2 50
Due aux frottements du mécanisme produits par la pression de la vapeur. . , ...	1 75
Total. . . . , ...	10k 50
2° Résistance de l'appareil moteur par tonne.	
Due au mouvement du véhicule.	6k 25
Due au frottement du mécanisme sans charge.	5 75
Due à la pression de la vapeur.	4
Total.	16k

PRIX DE REVIENT DE LA LOCOMOTIVE.

Le tableau suivant fait connaître d'une manière complète et détaillée les prix de revient des diverses pièces qui composent les cinq machines à marchandises, construites sur le même type et les mêmes dimensions que celles représentées sur les planches 4 et 5. Ces prix, dressés avec le plus grand soin par M. Polonceau, sont d'un grand intérêt pour toutes les personnes qui s'occupent de locomotives et de chemins de fer en général.

Les frais généraux ont été calculés à raison de 50 p. 0/0 de la main-d'œuvre spéciale dont il a pu être tenu attachement ; ils sont destinés à couvrir les frais de direction, de surveillance et de bureau des ateliers, l'éclairage, le nettoyage, la main-d'œuvre des manœuvres, l'entretien de l'outillage, le loyer et l'entretien des bâtiments.

Le tableau s'applique à l'ensemble des cinq machines construites en même temps ; il est reproduit tel qu'il figure sur les livres de comptabilité aux ateliers de la gare d'Ivry ; il suffira de diviser par cinq les nombres compris dans chaque colonne pour établir le prix de revient des différentes parties d'une même machine.

Il en résulte, en résumé, qu'une locomotive à marchandises, comme celle dont nous donnons les dessins, coûte plus de 47,000 fr., soit exactement 47,259 fr. 21 c.

DÉSIGNATION DES OBJETS.	MATIÈRES.	MAIN-D'ŒUVRE.	TOTAL.	FRAIS GÉNÉRAUX de 50 p. o/o de la main-d'œuvre.	TOTAL GÉNÉRAL.	PRIX du kilog. ouvré
Foyers.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	f.
5 enveloppes en cuivre	12.779 19	746 02	13.525 21	373 01	13.898 22	3 126
45 barres de renfort en place et leurs rivures	653 75	1.248 40	1.902 15	624 20	2.526 35	2 608
1.870 entretoises et leurs rivures	2.508 66	1.923 21	4.431 87	961 61	5.393 48	6 329
5 cadres et 5 cercles de porte et leurs rivures	746 78	423 65	1.170 43	211 83	1.382 26	1 014
125 barreaux de grille	343 23	24 75	367 98	12 37	380 35	0 334
25 boulons divers	13 02	4 02	17 04	2 01	19 05	1 058
3 mentonnets de portes	1 80	5 78	7 58	2 89	10 47	0 317
	17.046 43	4.375 83	21.422 26	2.187 92	23.610 18	2 685
900 **Tubes** et la pose	26.041 05	468 60	26.509 65	234 30	26.743 95	2 516
1.800 viroles d'acier	283 45	186 55	470 »	93 27	563 27	3 516
	26.324 50	655 15	26.979 65	327 57	27.307 22	2 531
Chaudronnerie.						
5 capuchons de cheminée	37 14	57 44	94 58	28 72	123 30	1 988
5 gouttières d°	196 02	86 80	282 82	43 40	326 22	4 422
10 grilles de boite à fumée	47 29	44 93	92 22	22 47	114 69	1 082
5 cendriers et leurs grilles	302 95	208 15	511 10	104 08	615 18	0 956
10 mains courantes de garde-corps	229 05	222 33	451 38	111 17	562 55	1 261
10 cornières de 558 rivets pour tôle de boite à fumée	68 44	45 15	113 59	22 58	136 17	1 173
70 équerres pour support de chaudière et couvre-roues	176 70	57 38	234 08	28 69	262 77	1 037
30 couvre-roues avec cornières	579 14	615 23	1.194 37	307 62	1.501 99	1 546
Cornières pour l'attelage et pour cylindre	104 »	127 18	231 18	63 59	294 77	1 473
10 dômes, dont 5 sur régulateur et trou d'homme, et 5 sur soupapes.	280 »	»	280 »	»	280 »	»
	363 98	196 05	560 03	98 02	658 05	3 729
35 autoclaves d'angles pour le nettoyage	33 76	81 35	115 11	40 67	155 78	1 617
5 culottes d'arrivée de vapeur	44 64	29 65	74 29	14 82	89 11	1 615
200 boulons pour supports de chaudière, 10 charnières de porte de boite à fumée	85 71	77 19	162 90	38 59	201 49	3 556
135 boulons et rivures pour l'achèvement des cheminées	25 64	67 50	93 14	33 75	126 89	2 671
5 chaudières et leurs 5 cheminées	23.629 55	»	23.629 55	»	23.629 55	1 204
330 boulons pour grandes roues, prise de vapeur, boite à fumée; 10 vis, 300 rivets pour rampes et balustrades	73 66	179 70	253 36	89 84	343 20	3 90
10 tuyaux d'introduction, 10 d'échappement, 5 entourages de régulateur	977 32	144 66	1.121 98	3 77	1.125 75	3 90
Tôles puddlées de Berry, fer cornière, vis, boulons, rivets, etc	271 09	»	271 09	»	271 09	»
	27.526 08	2.240 69	29.766 77	1.051 78	30.818 55	1 280

DÉSIGNATION DES OBJETS.	MATIÈRES.	MAIN-D'ŒUVRE.	TOTAL.	FRAIS GÉNÉRAUX de 50 p. o/o de la main-d'œuvre.	TOTAL GÉNÉRAL.	PRIX du kilog. ouvré
Mouvement.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
10 boîtes à graisse	2.318 82	1.322 83	3.641 65	661 41	4.303 06	2 178
10 pompes	1.887 09	1.348 77	3.235 86	674 38	3.910 24	2 833
10 crosses	356 06	835 42	1.191 48	417 71	1.609 19	5 75
10 cages de tiroirs et tiroirs	252 66	388 89	641 55	194 44	835 99	2 24
10 pistons	1.044 53	771 97	1.816 50	385 98	2.202 48	2 343
10 supports des guides de prolongement	321 80	152 20	474 »	76 10	550 10	1 573
10 prolongements de tiges de tiroirs	172 96	513 37	686 33	256 68	943 01	6 725
5 échappements	322 61	482 02	804 63	241 01	1.045 64	1 848
5 paires de cylindres avec presse-étoupe, brides, boulons et bagues	3.829 86	2.263 85	6.093 71	1.131 93	7.225 64	0 983
20 segments de pistons	438 »	»	438 »	»	438 »	»
10 graisseurs	48 70	»	48 70	»	48 70	»
5 régulateurs avec leurs tiroirs	659 89	550 78	1.210 67	275 39	1.486 06	1 559
5 mouvements de purgeurs	117 78	356 21	473 99	178 10	652 09	2 963
5 arbres de relevage	485 68	1.110 99	1.596 67	555 49	2.152 16	2 455
5 tring. de changement de marche et les leviers	288 53	774 08	1.062 61	387 04	1.449 65	2 376
20 glissières et leurs supports	1.884 64	1.837 78	3.722 42	918 89	4.641 31	4 514
10 godets de glissières	55 »	»	55 »	»	55 »	»
10 coulisses, 5 secteurs, 20 bielles de suspension	319 22	1.535 64	1.854 86	767 82	2.622 68	9 991
20 barres d'excentriques	186 45	607 47	793 92	303 73	1.097 65	4 065
20 colliers d'excentriques	2.047 89	1.097 67	3.145 56	548 84	3.694 40	6 115
20 poulies d'excentriques	303 14	825 07	1.128 21	412 54	1.540 75	3 423
5 vis à bras pour l'attelage et chaîne de sûreté	93 12	198 59	291 71	99 29	391 »	2 473
5 barres d'attelage	86 08	116 »	202 08	58 »	260 08	1 340
10 chasse-pierres	156 97	146 93	303 90	73 46	377 36	1 360
20 manivelles d'accouplement	851 37	1.560 63	2.412 »	780 32	3.192 32	4 433
20 bielles de plongeurs	100 52	404 08	504 60	202 04	706 64	6 358
10 bielles d'accouplement	732 52	1.358 »	2.090 53	679 »	2.769 52	5 830
10 bielles à fourches	1.923 07	3.042 73	4.965 80	1.521 36	6.487 16	5 942
5 prises d'air	95 46	99 10	194 56	49 55	244 11	1 350
Boulons divers, goujons, vis et écrous qui n'ont pu recevoir d'application spéciale	823 20	623 19	1.506 39	311 59	1.817 98	1 824
	22.263 62	24.284 26	46.587 88	12.162 09	58.749 97	2 550
Roues et Essieux.						
20 roues, moyeux en fonte, rais en fer	5.606 25	4.384 47	9.990 72	2.192 24	12.182 96	
Bandages, pesant 8.885 k.	7.074 08	923 99	7.998 07	461 99	8.460 06	1 098
Contre-poids des roues	483 52	281 19	764 71	140 59	905 30	
5 essieux d'avant et 5 d'arrière	3.449 60	460 59	3.910 19	230 29	4.140 48	1 470
5 essieux moteurs	9.145 80	1.329 27	10.475 07	664 64	11.139 71	3 407
	25.759 25	7.379 51	33.138 76	3.689 75	36.828 51	1.373

DÉSIGNATION DES OBJETS.	MATIÈRES.	MAIN-D'ŒUVRE.	TOTAL.	FRAIS GÉNÉRAUX de 50 p. o/o de la main-d'œuvre.	TOTAL GÉNÉRAL.	PRIX du kilog. ouvré
Châssis.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
5 traverses d'avant avec fonte, tôle.	216 84	136 18	353 02	68 09	421 11	1 879
20 tôles pour châssis extérieurs, 60 plaques de garde...............	3.839 29	2.558 76	6.398 05	1.279 38	7.677 43	1 398
10 longerons intérieurs.	1.955 23	1.117 97	3.073 20	558 98	3.632 18	1 842
60 entretoises de plaques de garde en fonte, avec barre d'écartement.	1.203 26	2.634 50	3.837 77	1.317 26	5.155 05	1 932
10 marchep.avec trott.et leurs équer.	400 25	380 49	780 74	190 25	970 99	1 107
10 garde-corps des balustrades.....	220 80	277 48	498 28	138 74	637 02	1 268
20 équerres pour la dilatation......	123 83	105 93	229 76	52 96	282 72	1 290
5 tabliers d'attelage, 5 planchers de cylindres et rivures............	1.613 51	1.450 32	2.063 83	725 16	3.788 99	1 128
Mont. de ress. de susp. chandelles..	470 51	1.119 30	1.389 81	559 65	2.149 46	2 084
Matières diverses sans application spéciale, et peinture Ruolz......	193 47	163 50	356 97	81 75	438 72	1 249
40 ressorts......................	3.712 50	»	3.712 50	»	3.712 50	1 800
	13.949 49	9.944 44	23.893 93	4.972 22	28.866 15	1.592
Tuyauterie et Robineterie.						
10 tuyaux de raccords de tenders...	580 64	359 48	940 12	179 74	1.719 86	5 240
10 tuyaux de pompe réchauffeurs et pose de 10 raccords...........	1.025 32	462 64	1.487 96	231 32	1.719 28	5 423
Boulons de pompe et tuyaux.......	82 80	125 90	208 70	62 95	271 65	1 626
10 supports de rotule et 10 rotules..	243 90	205 04	448 94	102 52	551 14	2 664
5 tuyaux de prise de vapeur.......	105 14	180 80	285 94	90 40	376 34	2 160
5 tuyaux de robinets de jauge......	11 33	19 88	31 21	9 94	41 15	8 572
10 raccords de tuyaux de refoulem...	140 40	27 23	167 63	13 62	181 25	3 485
5 tuyaux de manomètre et 5 robinets de refoulement...............	33 32	36 60	69 92	18 30	88 22	8 911
10 tuyaux de vérification..........	4 25	2 80	7 05	1 40	8 45	4 970
Siphons de boîtes à graisse........	29 32	4 90	34 32	2 45	36 77	3 630
10 graisseurs de boîtes à tiroirs....	168 85	145 91	314 76	72 95	387 71	6 233
30 robinets purgeurs.	171 09	106 »	277 09	53 »	330 09	5 473
10 leviers de soupapes............	285 95	272 52	558 47	136 26	694 75	3 666
10 balances à ressort.............	183 13	172 18	355 31	86 09	441 40	9 195
10 tring. et bout de tuyaux d'épreuve.	27 81	122 17	149 98	61 09	211 07	6 030
Boulons divers.	25 95	84 37	110 32	42 18	152 50	2 824
5 robinets de vidange............	170 »	»	170 »	»	170 »	»
15 d° de jauge.............	150 »	»	150 »	»	150 »	»
10 d° réchauffeurs..........	300 »	»	300 »	»	300 »	»
10 d° d'épreuve............	100 »	»	100 »	»	100 »	»
5 sifflets........................	140 »	»	140 »	»	140 »	»
5 niveaux........................	340 »	»	340 »	»	340 »	»
5 d° de manomètres........	32 50	»	32 50	»	32 50	»
10 plaques numératives en fonte....	95 »	»	95 »	»	95 »	»
10 d° d'inscription..........	42 »	»	42 »	»	42 »	»
	4.488 70	2.328 42	6.817 12	1.164 21	7.981 33	2.682

DÉSIGNATION DES OBJETS.	MATIÈRES.	MAIN-D'ŒUVRE.	TOTAL.	FRAIS GÉNÉRAUX de 50 p. o/o de la main-d'œuvre.	TOTAL GÉNÉRAL.	PRIX du kilog. ouvré
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Montage.	»	9.469 71	9.469 71	4.734 85	14.204 56	»
Boiserie et Peinture.						
50 tampons	280 84	145 99	426 83	72 99	499 82	1 187
Enveloppe de 5 tuyaux d'introduction et d'échappement	54 76	33 73	88 49	16 86	105 35	2 128
Boulons divers	15 50	53 77	69 27	26 89	96 16	2 343
Boiserie, tôle et bois	1.310 56	1.189 19	2.499 75	594 59	3.094 34	1 640
10 porte-lanternes de l'avant	11 62	27 20	38 82	13 60	52 42	2 001
5 supports de lanternes de niveau d'eau	3 21	15 21	18 42	7 61	26 03	3 717
Vis, pointes, rivets, rondelles, sans application spéciale	689 72	»	689 92	»	689 72	»
Peinture	394 66	451 68	843 34	225 84	1.069 18	»
	2.757 87	1.916 77	4.674 64	958 38	5.633 02	»
Outillage des Machines.						
10 caisses à outils et à bidons avec leurs outils	1.443 60	»	1.443 60	»	1.443 60	»
Divers Modèles.	28 24	549 81	578 05	274 90	852 95	»
FOYERS	17.046 43	4.375 83	21.422 26	2.187 92	23.610 18	2 685
900 TUBES	26.324 50	655 15	26.979 65	327 57	27.307 22	2 531
CHAUDRONNERIE	27.526 08	2.240 69	29.766 77	1.054 78	30.818 55	1 280
MOUVEMENT	22.263 62	24.324 26	46.587 88	12.162 09	58.749 97	2 550
ROUES ET ESSIEUX	25.759 25	7.379 51	33.138 76	3.689 75	36.828 51	1 373
CHASSIS	13.949 49	9.944 44	23.893 93	4.972 22	28.866 15	1 592
TUYAUTERIE ET ROBINETERIE	4.488 70	2.328 42	6.817 12	1.164 21	7.981 33	2 682
MONTAGE	»	9.469 71	9.469 71	4.734 85	14.204 56	»
BOISERIE ET PEINTURE	2.757 87	1.916 77	4.674 64	958 38	5.633 02	»
OUTILLAGE DES MACHINES	1.443 60	»	1.443 60	»	1.443 60	»
DIVERS MODÈLES	28 24	549 81	578 05	274 70	852 95	»
	141.587 78	63.184 59	204.772 37	31.523 67	236.296 04	»

PRESSE HYDRAULIQUE

A DÉCALER,

OU A DÉMONTER LES ROUES DE LEURS ESSIEUX,

ÉTABLIE AUX ATELIERS DU CHEMIN DE FER DE LYON,

Et construite par **MM. STEHELIN et Cᵉ**, de Bitschwiller.

(PLANCHE 6, FIG. 1, 2 ET 3.)

On sait que les roues de wagons et de locomotives doivent être ajustées sur leurs essieux avec le plus grand soin ; aussi les moyeux sont parfaitement alésés et généralement un peu coniques, afin d'entrer de force sur les portées qui doivent les recevoir. Mais alors pour démonter ces roues lorsqu'elles exigent une réparation, comme par exemple pour renouveler le bandage, il est d'autant plus difficile de les enlever, que souvent la rouille ou l'oxidation s'est produite sur l'ajustement et en augmente encore l'adhésion. Si, comme on le faisait anciennement, on frappe à coups de masse sur le moyeu, on risque de briser la pièce, et en tout cas on la détériore. Pour éviter cet inconvénient, on a cherché à remplacer la percussion par la pression ; c'est ainsi que l'on a proposé d'abord des espèces de presses à vis, et plus tard des presses hydrauliques pour effectuer cette opération du décalage.

A l'Exposition de 1849, on a remarqué, à ce sujet, avec un grand intérêt, l'appareil construit par la maison Stehelin et Cᵉ, de Bitschwiller. Cet appareil, exécuté pour les ateliers du chemin de fer de Lyon, où nous avons pu le relever avec détails, se compose, d'une part, d'un gros cylindre de presse hydraulique, placé horizontalement sur un des côtés d'une large et forte plaque d'assise en fonte, et de l'autre, d'une grue tournante qui permet de monter ou de descendre sans difficulté un essieu avec ses deux roues.

On peut avoir une idée exacte de la disposition de cette machine par les fig. 1 et 2 qui la représentent toute complète en élévation et en plan.

Le corps de presse A dont nous venons de parler est exactement construit comme les cylindres de presses hydrauliques ordinaires; seulement, comme son piston B ne doit avoir que très-peu de course, la longueur est nécessairement moindre. Ce cylindre renferme une garniture de cuir embouti *a*, et il est fondu avec une embase qui le retient dans la douille ou le renflement cylindrique C, fondu avec la grande plaque d'assise D qui sert de support à tout l'appareil, et qui, évidée à l'intérieur, repose par trois de ses côtés sur les bords d'une fosse en maçonnerie.

L'eau qui doit opérer la pression contre la base du piston arrive dans le fond du cylindre par le tuyau *b* qui communique avec la pompe d'injection. Cette pompe peut être simple ou double, c'est-à-dire recevoir un piston à un ou deux diamètres; elle se place sur le milieu de la bâche en fonte E, qui est aussi assujétie sur la même plaque d'assise près du corps de presse. Le jeu ou la manœuvre du piston de cette pompe a lieu, comme dans la plupart des appareils de ce genre, au moyen d'un balancier F que l'on fait mouvoir à la main, et qui, assemblé par articulation à la tige du piston, se termine par un contre-poids G qui fait équilibre au bras qui reçoit la puissance.

La pompe d'injection est munie des soupapes d'aspiration et de refoulement, et, en outre, de deux soupapes de sûreté *d*, chargées par des leviers à contre-poids, et en outre d'une soupape de retour *e* que l'on tient fermée au moyen d'une vis à manivelle.

L'essieu H dont on veut enlever les roues, est suspendu par deux crochets *f* à la chaîne ou à la corde *g* d'une grue en fonte qui fait partie de l'appareil et dont l'arbre vertical I est solidaire avec la plaque de fondation D qui est prolongée à cet effet. Cet arbre est embrassé vers ses deux extrémités par des colliers qui font corps avec le bras en fonte J à nervures et à jours, dont l'extrémité supérieure porte la poulie à gorge *h* sur laquelle passe la corde de suspension. Cette corde passe et se fixe d'un bout sur le treuil ou cylindre K, dont l'axe est porté par les deux joues en fonte L boulonnées de chaque côté du bras. On fait tourner ce treuil sur lui-même, au moyen des manivelles M dont l'axe commun porte un pignon *i*, qui engrène avec la roue droite J : cette dernière est montée à l'extrémité d'un arbre intermédiaire parallèle au précédent et portant à l'autre bout un pignon *k*, qui engrène avec la roue droite *l*, rapportée à l'extrémité de l'axe du treuil.

Quand l'essieu et ses deux roues sont ainsi suspendues à la corde de la grue, on les descend dans l'espace libre qui existe au milieu de la plaque d'assise, afin de leur faire occuper la position indiquée en lignes ponctuées sur la fig. 1re, de telle sorte que l'essieu repose par son milieu sur les coussinets N dont on voit un détail en élévation fig. 3; ces coussinets sont ajustés dans la partie centrale et renflée de la traverse à nervures O qui est venue de fonte avec la plaque d'assise D. Des vis de pression *m* à manivelle d'étau permettent de régler la position exacte que ces coussinets

doivent avoir pour permettre à l'essieu H de se trouver sur le prolongement même de la ligne d'axe du piston presseur B.

Il résulte de cette disposition que, lorsque l'essieu et ses deux roues R, R′ sont ainsi en place, si on fait manœuvrer la pompe d'injection pour que l'eau qu'elle aspire passe dans le corps de presse, le piston B, poussé alors de gauche à droite, ne tarde pas à s'appuyer par son centre *n* contre le bout de l'essieu, et, par conséquent, à chasser celui-ci dans le même sens. Or, comme deux tringles horizontales P qui d'un bout, à droite, sont solidaires avec la plaque D, s'appuient par l'autre extrémité libre contre le moyeu de la roue R, il est évident que celle-ci ne peut plus être entraînée dans le mouvement horizontal de l'axe; il faut donc qu'elle soit forcée de sortir, quelle que soit d'ailleurs son adhésion sur l'essieu.

Lorsque cette opération est terminée, il suffit de tourner l'essieu bout par bout, afin de faire le même travail pour enlever la roue R′; mais pour cela, il faut que le piston B revienne sur lui-même. C'est ce qui a lieu si on ouvre la soupape de retour *e*, parce qu'alors l'eau contenue dans le corps de presse peut s'en retourner à la bâche, le piston B étant forcé de revenir par le contre-poids Q appliqué à l'extrémité du levier S dont l'axe *o* porte la fourchette T qui a ses deux goujons engagés dans la gorge circulaire ménagée à la tête du piston.

OBSERVATIONS SUR CET APPAREIL.

Quoique l'appareil soit plus particulièrement connu sous le nom de Presse à décaler, il est évident qu'il peut également servir à caler les roues sur leurs essieux; on comprend sans peine que l'opération est tout à fait semblable.

Comme il arrive souvent dans les machines nouvelles, on ne prévoit pas toujours les difficultés ou les inconvénients qui peuvent se présenter aux essais ou aux expériences; de même, dans cet appareil à décaler, on ne s'est aperçu que plus tard que certaines parties laissaient à désirer dans la construction. Ainsi l'usage qu'on en a fait au chemin de Lyon a fait reconnaître :

1° Que le cadre en fonte, qui sert de plaque d'assise et qui est évidé, est trop faible d'épaisseur : la résistance que présente le décalage des roues motrices sur les essieux des locomotives est tellement considérable, qu'il faut exercer une pression très-grande pour la vaincre; il en résulte que cette plaque s'allonge de 10 à 12 millimètres sous une pression qui est beaucoup moindre que celle nécessaire; il faudrait donc qu'elle fût plus épaisse et renforcée par des nervures.

2° Le cylindre ou corps de presse est aussi trop faible; il s'est rompu à une pression également inférieure à celle qu'on est obligé d'employer.

3° Le bras de la grue qui est, comme on l'a vu, entièrement en fonte, est également d'une trop faible dimension pour les charges qu'elle doit

enlever ; ce bras est trop évidé et demande à cause de la grande portée à être renforcé par des tirants en fer.

Pour la pompe d'injection, elle est dans de bonnes conditions ainsi que les pièces qui en dépendent.

Quoi qu'il en soit, cet appareil, amélioré dans ce qu'il renferme de défectueux, est susceptible de rendre de bons services dans les établissements de construction, et surtout dans les ateliers de réparation des compagnies de chemins de fer.

Le prix de cette machine, qui a été achetée à l'époque où la compagnie de Lyon était concessionnaire, s'est élevé à la somme de 5,200 fr., la grue comprise.

MACHINE A ESSAYER LES RESSORTS,

CONSTRUITE PAR M. MESMER DE GRAFFENSTADEN, ET MONTÉE AUX ATELIERS DU CHEMIN DU NORD.

(PLANCHE 6, FIG. 4 à 7.)

On sait combien il importe d'appliquer sur les essieux de wagons et de locomotives des ressorts puissants, d'une flexibilité constante et présentant une grande homogénéité, pour revenir constamment sur eux-mêmes, malgré les charges considérables qu'ils supportent et les oscillations continuelles auxquelles ils sont soumis. Ces conditions sont tellement essentielles que dans la plus grande partie des ateliers de chemins de fer, on a jugé utile d'avoir des appareils propres à éprouver tous les ressorts avant d'en faire l'application aux wagons, aux tenders ou à la locomotive.

La machine, qui a été montée à cet effet dans les ateliers du chemin de fer du Nord, paraît très-bien entendue et fort commode pour faire ces épreuves ; elle consiste en une sorte de balance à bascule, au moyen de laquelle on peut connaître exactement la charge ou la pression qui est exercée sur le ressort que l'on veut essayer, et en une sorte de tampon à vis de rappel qui force le ressort à se redresser, et qui pour accélérer le travail marche directement par un moteur continu.

Les fig. 4 à 7 du dessin pl. 6 montrent la machine toute montée et prête à fonctionner en élévation ou coupe longitudinale faite par le milieu, en plan général vu en dessus, en section transversale par l'axe moteur qui commande la vis, et enfin en coupe transversale vers le milieu de la caisse qui renferme les leviers de la bascule.

Le ressort A que l'on doit éprouver et qui se compose, comme on l'a vu, d'une série de lames en acier superposées l'une à l'autre et diminuant successivement de longueur, se place par ses deux extrémités sur deux espèces de petits chariots à roulettes ou à galets B, qui peuvent se promener sur les parties saillantes et droites de la règle en fonte à double joue C, qui recouvre et ferme complétement la partie supérieure de la caisse fixe D,

laquelle est également en fonte et repose par ses extrémités sur les supports ou chevalets à nervures E. Cette caisse sert de bâtis à la colonne de fonte F au sommet de laquelle est ménagée une chape *a* qui porte l'axe ou tourillon du levier *b*, lequel est disposé exactement comme celui des balances-bascules que l'on voit aujourd'hui dans tous les magasins, c'est-à-dire terminé d'un bout par une partie en couteau *c*, sur lequel on suspend le plateau G qui doit recevoir les poids, et vers l'autre bout du bras le plus court terminé de même pour y suspendre la tringle *d* à l'extrémité inférieure de laquelle s'appuie le bout des leviers H et H'; ces derniers ont leur point d'appui sur les couteaux *e*, *e'* fixés à la caisse D et leur point d'application sous la règle C par les couteaux inverses *f* et *f'* qui sont fixés à cette dernière.

Ainsi, lorsque le ressort A est en place, comme on le suppose sur les fig. 4 et 5, si on exerce sur son centre une certaine charge jusqu'à tendre à le redresser, comme ces lames s'allongent en se mettant en ligne droite, les deux chariots B sur lesquels ils reposent tendent nécessairement à s'écarter, mais en même temps à faire baisser la règle C' et par suite les leviers H et H' et la tringle verticale *d*. Il faut donc, pour rétablir l'équilibre, charger le plateau G d'un nombre de poids suffisant, jusqu'à ce que les deux index *i* et *i'*, dont l'un, comme on sait, fait corps avec le levier *b* et l'autre est fixe, soient exactement en regard l'un de l'autre.

Pour exercer la pression sur le centre du ressort, on emploie une vis de rappel verticale I, qui est assemblée à rotule au centre de la douille mobile J, laquelle est guidée dans les montants verticaux en fonte K, afin d'agir exactement par son milieu sur le sommet du ressort. La vis traverse par sa partie supérieure un large écrou en bronze *h* fixé dans la partie renflée du sommier K' qui termine et relie les deux montants K avec lesquels il est fondu; cet écrou sert en même temps d'axe au moyeu de la roue L, à dents héliçoïdes, et avec laquelle engrène une vis sans fin, dont l'axe *g* se prolonge, afin de porter quatre poulies de même diamètre : deux de ces poulies, celles M et M', y sont fixées, tenues par une clavette et commandées chacune par une courroie qui les fait tourner en sens contraire; et les deux autres N, N' placées entre les premières, sont ajustées folles, afin de permettre d'arrêter le mouvement à volonté, ce que l'on peut toujours faire au moyen de la tringle à poignée *l* qui porte deux séries de goujons *m* (fig. 6) disposés de manière à faire l'office d'une double fourchette qui lorsqu'on tire ou lorsqu'on pousse la tringle, font marcher à la fois les deux courroies de commande à gauche ou à droite, de telle sorte que tantôt ces courroies embrassent les poulies M et N et tantôt les poulies M' et N'; par conséquent l'axe *g*, et par suite la roue L et la vis de rappel I tournent tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre. Dans le premier cas, la vis descend, et dans le second, elle remonte, comme aussi elle reste immobile, lorsque les deux courroies sont ramenées sur les poulies folles N et N'.

On voit donc par cette disposition que pour presser le ressort au degré convenable, il suffit de mettre sur le plateau G de la balance un poids qui, multiplié par le rapport des leviers, soit équivalent à la charge totale à laquelle le ressort doit être éprouvé, et alors on met l'appareil en marche en embrayant la courroie qui doit faire tourner la roue dentée L dans le sens convenable pour que la vis descende. Ce mouvement doit avoir lieu jusqu'à ce que toutes les lames qui composent le ressort soient tout à fait droites. Si alors il y a équilibre entre cette pression et le poids qui existe sur le plateau, on fait remonter la vis en débrayant la première courroie et en embrayant l'autre, et le ressort est jugé bon et acceptable si après cette épreuve, il revient exactement à sa forme et à sa position primitive.

Nous croyons que plusieurs de nos lecteurs ne verront pas sans intérêt l'extrait suivant, tiré du mémoire publié par M. Blacher dans les comptes rendus des travaux de la Société des ingénieurs civils, au sujet des ressorts des wagons et des voitures en général.

APPLICATION DU CALCUL AUX RESSORTS,

Par M. BLACHER, Ingénieur.

Observations préliminaires. — La théorie de la résistance des matériaux, basée sur des hypothèses, sinon exactes, du moins déduites de l'observation des phénomènes, se traduit en formules qui, pour les cas les plus simples et en même temps les plus utiles, rendent parfaitement compte de l'action des forces extérieures sur les matériaux employés dans les constructions. C'est ainsi qu'en dehors de toute grandeur absolue, elle établit, d'abord algébriquement, les relations existant entre la charge et la flexion d'une poutre, en fonction des dimensions de celle-ci, puis, à l'aide de coefficients numériques demandés à l'expérimentation, elle approprie les formules aux différents besoins de la pratique.

Les coefficients, il faut bien le remarquer, présentent toute garantie, surtout si on les obtient à l'aide de constructions identiques avec celles que l'on veut reproduire, car ils sont déduits des équations mêmes dans lesquelles on les introduit, et doivent par conséquent y satisfaire.

Ces observations sont parfaitement applicables aux ressorts, car l'expérience fournit toutes les données numériques nécessaires, et la théorie n'a plus alors qu'à constater les conséquences d'un changement de dimensions.

Il y a dans les ressorts autre chose à considérer que les pressions auxquelles ils sont ou peuvent être soumis. Les uns, comme les ressorts de suspension, supportent des charges permanentes accompagnées de faibles oscillations ; les autres, comme les ressorts de choc, prennent des mouvements considérables sous l'action de masses dont ils sont destinées à amortir ou à modérer la vitesse. Les premiers donnent lieu à une équation d'équilibre statique, les seconds à une équation de travail dynamique ; mais, dans l'un comme dans l'autre cas, l'effet des ressorts dépend de leurs dimensions, du nombre de leurs éléments, de la flexion et de la résistance propre à la matière dont ils sont composés.

Courbure affectée par les lames d'un ressort. — Soit une série de lames d'égale épaisseur et d'égale largeur, superposées (fig. 8, pl. 6) de manière que l'une repose

sur les extrémités de l'autre par l'intermédiaire de petits tasseaux. Appliquons à chaque extrémité de la lame supérieure une force p normale à cette lame ; ces deux forces p agissant dans le même sens, l'expérience apprend que les points d'application des forces descendent, et que la lame se courbe dans toute sa longueur. Mais les pressions p se transmettent sans altération aux extrémités de chaque lame ; chacune de celles-ci éprouve donc un effet semblable, et l'abaissement total des poids p est la somme des abaissements relatifs des extrémités de chaque lame, par rapport a celle qui la précède dans l'ordre de superposition : il s'agit de trouver cet abaissement total.

Les lames plient indépendamment les unes des autres, sous l'action des mêmes forces et dans les mêmes conditions ; la loi qui régit la flexion de l'une d'elles est donc applicable à toutes. Il en résulte que l'abaissement total des poids p doit peu différer, en tout cas, de la flèche correspondant à la courbure affectée par la lame supérieure.

Chaque lame est soumise à quatre forces p, égales, parallèles et de sens opposés (fig. 9) ; sous l'action de ces forces, elle affecte une courbure symétrique par rapport à l'axe A B, passant par son milieu et parallèle aux forces.

Soient a et a' les abscisses des points d'application des deux forces situées d'un même côté de cet axe, et $x < a'$ l'abscisse d'une tranche quelconque de la lame.

En vertu de l'équilibre existant, le moment d'élasticité dans cette tranche est égal à la somme des deux moments des deux forces p par rapport à cette même tranche. On a donc

$$\varepsilon x - (a\text{-}x)\,p + (a'\text{-}x)\,p = o;$$

εx étant le moment d'élasticité et $(a\text{-}x)$, $(a'\text{-}x)$ les bras de levier des forces p.

De cette équation on tire :

$$\varepsilon x = p\,(a\text{-}a') \qquad [1]$$

d'où il résulte que, pour toute abscisse $x < (a\text{-}a')$, le moment d'élasticité est constant : ce qui revient à dire que la tension est uniforme entre les points E et D, et par suite la courbure.

Ainsi, de E en D, la lame est courbée suivant un arc de cercle ; de E en F et de D en G, suivant un arc d'élastique (*a*).

Cette propriété est peut-être rendue plus évidente par la démonstration suivante. On a l'équation connue :

$$\varepsilon x = \frac{E\,a\,b^3}{12\,\rho} \qquad [2]$$

dans laquelle E représente le coefficient d'élasticité, a la largeur, b l'épaisseur de la lame, et ρ le rayon de courbure de l'élément de courbe par rapport auquel est pris le moment ε. En posant

$$\frac{E\,a\,b^3}{12} = A,$$

(*a*) Soit une verge rigide A B (fig. 10), entaillée aux points C et D, et sur laquelle sont montés deux petits leviers coudés E, F. Si dans les entailles C, D on fait passer une lame élastique, et qu'au moyen de deux tirants K, K' réunis par un écrou à contre-filet, on fasse marcher les leviers pour courber la lame, toute la portion de celle-ci comprise entre les leviers formera un arc de cercle. On peut construire sur ce principe un instrument de dessin utile dans une foule de circonstances, puisqu'il donne des courbes dont le rayon varie depuis l'infini jusqu'à une valeur assez petite, dépendant de la longueur et de l'épaisseur de la lame.

on a :

$$\rho = \frac{A}{\varepsilon};$$

substituant à ε sa valeur prise dans l'équation [1], il vient

$$\rho = \frac{A}{p(a-a')}$$

quantité constante ; donc le rayon de courbure est le même pour tous les points compris entre E et D, donc cette courbe est un cercle.

De ce qui précède, il résulte que l désignant la saillie d'une lame sur l'autre, le moment d'élasticité est

$$\varepsilon = p\,l$$

pour tous les éléments de la lame compris entre les points d'appui. Comme toutes les lames sont également chargées, il faut pour qu'elles présentent la même résistance que l soit le même pour toutes.

Avec cette condition, toutes les lames affecteront la même courbure. En supposant que les extrémités affectent également la courbure circulaire, si l'on supprime les tasseaux qui les séparent, elles ne s'appliqueront pas les unes sur les autres, et ne se toucheront que par les extrémités.

Dans la pratique, les choses ne se passent pas ainsi, parce que toutes les lames du ressort sont réunies par un boulon ; mais cette différence est négligeable, et l'on peut supposer dans les formules que les lames se joignent, et prendre pour l'abaissement total la flexion de la lame supérieure. Les conditions théoriques seraient néanmoinss réalisables, à la condition de modifier la forme des extrémités des lames.

Relations entre les divers éléments entrant dans le calcul des ressorts. — Nous avons considéré d'abord un ressort droit et se courbant sous la charge ; mais les raisonnements sont applicables à un ressort courbe que la charge redresse.

Il s'agit maintenant d'établir les relations existant entre les diverses dimensions d'un ressort, la charge qu'il supporte et la flexion correspondante.

Soit (fig. 11) l'arc A B un demi-ressort ; on peut, sans erreur sensible, remplacer sa longueur par celle de sa corde A B = L. On a, en vertu d'un théorème connu :

$$L^2 = 2\,R\,F;$$

R étant le rayon du cercle et F la flèche du double de l'arc sous-tendu par la corde L ; de cette équation l'on tire :

$$F = \frac{l^2}{2\,R};$$

mais R est le rayon de courbure des lames ;

$$R = \rho = \frac{E\,a\,b^3}{12\,\varepsilon} \qquad [2]$$

$$\varepsilon = p\,l \qquad [1]$$

substituant cette valeur de ε dans celle de $\rho = R$,
et R dans $L^2 = 2\,R\,F$, il vient :

$$F = \frac{L^2 \times 6\,p\,l}{E\,a\,b^3}$$

nous savons de plus que l est le même pour toutes les lames; on a donc $L = n l$, d'où

$$F = \frac{6 p L^3}{n E a b^3} \qquad [3]$$

Telle est la relation entre les divers éléments d'un ressort, la charge qu'il supporte et la flexion qu'il subit. Cette équation, hâtons-nous de le dire, est insuffisante, car elle admet pour p une valeur indéfinie, et par conséquent pour F. Elle n'est donc vraie que pour un ressort capable de supporter la charge p; mais, cette hypothèse admise, elle donne lieu à des observations utiles :

1° La flexion est proportionnelle au poids, c'est-à-dire qu'à chaque addition partielle et constante de charge, correspond une flexion partielle et constante dans toute l'étendue de la flexion ;

2° La flexion est en raison inverse du nombre de lames, c'est-à-dire que pour une charge double, il faut, toutes circonstances égales d'ailleurs, un nombre double de lames ;

3° La flexion est proportionnelle au cube de la longueur; cette loi est importante, en ce qu'elle fait voir qu'un faible allongement du ressort correspond à un accroissement de flexion considérable, dont il est parfois indispensable de tenir compte ;

4° La flexion est en raison inverse du cube de l'épaisseur des lames.

Il est bien entendu, nous le répétons, que l'équation [3] ne s'applique pas à un ressort ayant les proportions convenables pour supporter une charge donnée, mais à un ressort considéré d'une manière abstraite et toujours capable d'un excès de résistance.

Nous avons supposé que les extrémités des lames affectaient la courbure circulaire, mais il n'en est pas ainsi. L'équation générale du moment d'élasticité

$$p\,(l-x) = \frac{E a b^3}{12 \rho}$$

fait voir que le rayon de courbure croît en raison inverse du bras de levier, et que, par conséquent, la courbure décroît du point d'appui à l'extrémité de la lame. Cet excès de résistance à l'extrémité des lames, nuit à la flexibilité du ressort. Le remède consiste à affaiblir graduellement les extrémités des lames, soit en les amincissant, soit en les rétrécissant. Ce dernier procédé, employé, d'ailleurs, depuis quelque temps, satisfait théoriquement.

Reprenons l'équation

$$p\,(l-x) = \frac{E a b^3}{12 \rho}$$

les abscisses ont leur origine au point d'appui ; si l'on transporte cette origine à l'extrémité de la lame, l'équation devient :

$$p x = \frac{E a b^3}{12 \rho}$$

Soit z la largeur variable de la lame, largeur croissant en progression arithmétique de $z = o$ à $z = a$; on a :

$$p x = \frac{E z b^3}{12 \rho}$$

Mais l étant la limite de x, et a celle de z, on a :

$$z = x\frac{a}{l}$$

d'où

$$p\,x = \frac{E\,x\frac{a}{l}b^3}{12\,\rho} \text{ ou } p = \frac{E\,a\,b^3}{12\,l\,\rho}$$

résultat indiquant que le rayon de courbure est indépendant de l'abscisse x, et que par conséquent la courbe est un cercle. Or, la forme donnée à l'extrémité de la lame est une de celles du solide d'égale résistance; cette forme satisfait donc complétement.

L'équation [3], avons-nous dit, est insuffisante; il faut en effet obtenir une relation entre la flexion, les divers éléments du ressort, la charge qu'il supporte, et la résistance propre à la matière dont il est fait. Or, la théorie fournit l'équation

$$p\,l = \frac{R\,a\,b^2}{6}$$

dans laquelle R représente ce que l'on nomme coefficient de rupture ou de résistance.

Remplaçons dans cette équation l par sa valeur $\frac{L}{n}$, il vient.

$$p\lambda = \frac{n\,R\,a\,b^2}{6} \qquad [4]$$

Prenons dans cette équation la valeur de p, et substituons-la dans l'équation [3], celle-ci devient :

$$F = \frac{R\,L^2}{E\,b} \qquad [5]$$

L'équation [4] donne le maximum de charge que puisse supporter un ressort, et l'équation [5] détermine la flexion correspondante.

Les coefficients R et E se déterminent par expérience. R varie beaucoup, suivant la qualité de l'acier (de 40 à 80 kil. par millimètre carré); E ne s'éloigne guère de 20,000, le millimètre étant pris pour unité dans les calculs.

En comparant les équations [3] et [5], on voit que F n'y est pas fonction des mêmes puissances de L et de b ; mais encore une fois, il faut bien remarquer qu'elles ont des significations toutes différentes. L'équation [3] est relative à l'état général d'un ressort toujours capable de résister; l'équation [5] au contraire est relative à un état tout particulier du ressort; elle pose la limite de la flexion, et fait voir qu'à cette limite la flexion est proportionnelle au carré de la longueur et en raison inverse de l'épaisseur des lames.

Les équations [3], [4], [5], contiennent tous les éléments nécessaires aux calculs que l'on peut avoir le plus géneralement à faire sur les ressorts (*a*).

La longueur L, contenue dans les équations précédentes, est la demi-longueur du ressort, et le poids p, la charge supportée par une de ses extrémités; il nous paraît préférable, pour l'application, d'introduire la longueur totale L' et la charge totale P, on a : $2p = L'$ et $2p = P$. D'après cela, les équations [3], [4] et [5] deviennent :

(*a*) Ces trois formules que je viens d'exposer et de développer m'ont été communiquées par mon ancien collègue et ami, M. Shintz, maintenant ingénieur en Allemagne. (B.)

$$F=\frac{3PL^3}{8nEab^3}\ [6],\ PL'=\frac{2nRab^2}{3}\ [7],\ F=\frac{RL^2}{4Eb}\qquad [8]$$

Volume et poids d'un ressort. — Après avoir déterminé les dimensions d'un ressort, il est bon d'en fixer approximativement le poids. Les lames, on le sait, croissent en progression arithmétique. Soit donc n le nombre des lames : pour un demi-ressort. la somme des longueurs est

$$\frac{(l+nl)n}{2}=\frac{n(n+1)l}{2}.$$

Pour un ressort entier on a donc :

$$n(n+1)l;$$

a et b étant la largeur et l'épaisseur des lames, le volume d'un ressort est donc

$$n(n+1)lab=V.$$

Mais $nl=L=\frac{L'}{2}$; on a donc pour le volume

$$V=\frac{(n+1)L'ab}{2}\qquad [9]$$

et pour le poids

$$Q=\frac{(n+1)L'abD}{2}\qquad [10]$$

Travail dynamique d'un ressort. — Les équations précédentes fournissent les conditions d'équilibre statique d'un ressort; nous allons chercher maintenant le travail dynamique employé à le bander. Pour embrasser le cas général, nous lui supposerons une bande permanente f'. Maintenant, soit p une force variable agissant sur le ressort, et f la flexion correspondante : le travail élémentaire produisant la flexion est $p\,df$ et le travail total produit est

$$\mathfrak{T}_p=\int p\,df+C.$$

p est fonction de f, et lui est proportionnel [équation 3]; soit donc $p=Af$, on a alors :

$$\mathfrak{T}_p=A\int f\,df+C=\frac{Af^2}{2}+C.$$

Mais pour $f=f'$ on a $\mathfrak{T}_p=o$ d'où

$$C=-\frac{Af'^2}{2}$$

et par suite

$$\mathfrak{T}_p=\frac{A(f^2-f'^2)}{2}$$

soit $\frac{f'}{f}=m$, il vient

$$\mathfrak{T}_p=\frac{Af^2}{2}(1-m^2),$$

Mais $A=\frac{p}{f}$; donc

$$\mathfrak{T}_p=\frac{pf}{2}(1-m^2)\qquad [11]$$

Telle est l'expression générale du travail d'une force sur un ressort; elle indique

que ce travail est égal au produit de la pression définitive par la moitié de la flexion, multiplié par un coefficient dépendant du rapport de la bande permanente à la flexion correspondant à la force p.

Si P est la pression maximum que puisse supporter le ressort et F la flexion correspondante, en substituant à P et F dans l'équation [11] leurs valeurs tirées des équations [7] et [8] il vient :

$$\mathfrak{T}_P = \frac{n\,a\,b\,L'\,R^2}{12\,E} \times (1 - m^2) \qquad [12]$$

formule donnant le travail du ressort en fonction de ses divers éléments.

Si l'on compare les formules [9] et [12], on peut remarquer que le numérateur de [9] ne diffère du facteur $n\,a\,b\,L'$ contenu au numérateur de [12] qu'en ce que $(n+1)$ y est remplacé par n. Or, lorsque n est grand, n diffère peu de $(n+1)$; on peut donc dans ce cas, remplacer dans [12] $n\,a\,b\,L'$ par 2 V, et cette formule devient :

$$\mathfrak{T}_P = \frac{R^2\,V}{6\,E} \times (1 - m^2) \qquad [13]$$

$\mathfrak{T}_P$ sera un peu trop grand, mais en réalité les ressorts sont toujours plus forts que les ressorts calculés. Du reste, notre but en mettant cette formule sous cette forme, a été surtout de faire voir que le travail d'un ressort ne dépend que de la quantité d'acier qu'on y met, de quelque façon qu'on la distribue, sous la réserve, bien entendu, des observations qui ont été faites relativement aux extrémités des lames.

D'après les renseignements qui nous ont été communiqués par MM. les ingénieurs des ateliers au chemin de fer du Nord, les divers ressorts appliqués soit aux locomotives, soit aux voitures, sont obligés de subir les épreuves suivantes :

1° La charge ou la pression est de 2,000 kilogrammes pour chaque ressort de wagon ou de voiture à voyageurs ;

2° Elle est de 3,000 à 4,500 kilogrammes pour les ressorts de wagons à marchandises ou de tenders ;

3° Et de 5,000 à 6,000 kilogrammes pour ceux des locomotives.

On ne dépasse généralement pas cette charge, quoique la machine elle-même ait été essayée à la pression de 8,000 kilogrammes.

La durée des expériences, lorsqu'on éprouve les ressorts, est de 15 à 20 minutes, suivant les circonstances ou le genre même d'essai que l'on veut faire. Pour la fabrication courante, on dépasse un peu la limite de la charge maximum et on revient de suite.

Il faut toujours, pour qu'un ressort soit bon, qu'il revienne à sa flèche de fabrication.

Lorsqu'on fait des essais sur la solidité et la flexibilité des aciers qui doivent être employés pour la fabrication des lames ou des feuilles de ressort, il est bon d'éprouver chaque feuille séparément ; mais quand on connaît la nature et la qualité du métal, les épreuves ne se font que sur les ressorts finis.

Le prix de la machine, livrée aux ateliers du chemin de fer du Nord par l'usine de Graffenstaden, a été de 3500 francs.

FABRICATION DU CHOCOLAT.

ENSEMBLE DES APPAREILS

COMPOSANT UNE USINE A VAPEUR PROPRE A FABRIQUER LE CHOCOLAT,

PAR

M. HERMANN, constructeur de machines, à Paris.

(PLANCHE 7.)

On sait que M. Hermann s'est occupé presque exclusivement, depuis plusieurs années, de la construction des machines, instruments et appareils qui sont propres à la fabrication du chocolat; c'est à lui que l'on doit, sans contredit, le plus grand nombre de perfectionnements apportés dans cette industrie. Aussi à l'Exposition universelle de Londres, où il avait monté dans la galerie anglaise une usine complète qui a été constamment mise en activité, il a été dignement récompensé par une médaille de première classe, en reconnaissance des services qu'il a rendus à cette industrie qui, on peut le dire, n'était pas jusque-là connue en Angleterre, et en outre par la décoration de la Légion d'Honneur qu'il a reçue des mains mêmes de M. le Président de la République.

Déjà nous avons fait connaître quelques unes des machines construites par M. Hermann; tels sont, par exemple, ses moulins à plusieurs cylindres et ses broyeuses mécaniques, qui remplacent aujourd'hui avec avantage le système des pilons et des mortiers. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de compléter cette publication, en donnant l'ensemble d'une fabrique spéciale bien montée, et convenable pour produire une quantité donnée de chocolat par jour.

Lorsqu'on compare le prix de vente des diverses natures de chocolat, à celui des matières premières ou des substances propres à leur fabrication, on doit être surpris des avantages considérables que présente une telle industrie, pour le fabricant intelligent qui connaît bien sa profession. Aussi, comme la consommation de cette substance alimentaire va toujours en augmentant, le nombre des fabricants s'accroît tous les jours; cependant nous croyons qu'il n'est pas encore en proportion avec la production nécessaire, car le prix ne diminue pas d'une manière sensible, et il est évi-

dent pour nous que lorsqu'il y aura un plus grand nombre d'usines bien montées, organisées sur une échelle convenable, le chocolat ne sera plus une substance de luxe, par son prix trop élevé, mais qu'il viendra au contraire à la portée des classes inférieures.

Plusieurs fabriques importantes existent depuis quelques années et font parfaitement leurs affaires quoiqu'elles vendent leurs produits aux détaillants à des prix sensiblement inférieurs à ceux que paie le consommateur.

Les établissements les plus remarquables en ce genre sont ceux de MM. Menier, Devinck, Marquis, Cottan, Ibled, etc., et celui tout récent de MM. Quéruel, raffineurs à la Villette, qui ont compris que produisant l'une des substances les plus essentielles employées dans la fabrication du chocolat, il était tout naturel qu'ils pouvaient fabriquer par eux-mêmes, ne serait-ce que pour utiliser les morceaux de sucre brisés qui n'ont pas autant de valeur à la vente.

Avant de décrire les divers appareils employés dans cette fabrication, nous croyons qu'on ne verra pas sans quelque intérêt la notice suivante que nous extrayons du *Dictionnaire des arts et manufactures*, quoique déjà nous ayons fait précéder d'un historique la description du moulin à trois cylindres.

Le chocolat, employé depuis un temps très-reculé au Mexique, fut importé en Europe pour la première fois, en 1520, par les Espagnols, qui tinrent longtemps sa fabrication secrète.

La matière première du chocolat est la fève du *cacao*, semence du cacaotier (*theobroma cacao*, — Linnée), qui croît sous les tropiques, en Amérique et dans les Indes occidentales ; cet arbre, de la grosseur d'un oranger, porte des fruits rouge-jaunâtres, de la forme d'un concombre, et ayant 0m 15 de long sur 0m 07 à 0m 15 de diamètre. Ces fruits présentent dix côtes et sont remplis, à l'intérieur, d'une substance rougeâtre spongieuse, analogue à la chair des melons d'eau, qui englobe de 25 à 40 fèves de cacao disposées sur cinq rangs ; ces fèves se composent d'une substance noir-rougeâtre d'un goût aromatique et agréable, quelque peu amer, renfermée dans une pellicule ou cosse rouge-noirâtre. Le fruit des cacaotiers des Indes occidentales (Berbice et Demerara) est beaucoup plus petit, et ne contient guère que de 10 à 15 fèves.

Le meilleur cacao est le *caraque*, qui nous arrive du Caraccas renfermé dans des sacs de cuir. Les fèves doivent être très-grosses et très-épaisses, grasses au toucher, d'un goût agréable et recouvertes d'une poussière d'un blanc argentin, sans aucune moisissure. Les cacaos des Indes occidentales et des Antilles sont plus clairs, moins gros, et ont une saveur plus amère que le caraque.

Le cacaotier donne deux récoltes de cacao par an, chacune de 1 à 4 kil. Aussitôt que les fruits sont mûrs, ce qu'on reconnaît à leur couleur jaune-rougeâtre, on les cueille et on en sépare les fèves que l'on met dans des caves ou des fosses, où on les laisse pendant quelques jours après les avoir recouvertes de planches chargées de pierres, en ayant soin de les remuer chaque matin ; on détermine ainsi une sorte de fermentation, par suite de laquelle le cacao augmente de volume et se fonce en cou-

leur, en perdant une partie de son amertume; on achève ensuite de le sécher au soleil avant de le livrer au commerce.

D'après Lampadius, le cacao des Indes occidentales renferme, non compris la cosse, qui forme environ 15 p. 100 du poids des fèves :

Beurre de cacao	53,10
Matière brune albumineuse qui renferme le principe aromatique du cacao	16.70
Amidon	10,91
Matière gommeuse	7,75
Fibres végétales	0,90
Matière colorante rouge	2,01
Eau	8,63
	100,000

Les cosses ne renferment aucune matière grasse; mais elles donnent par une ébullition prolongée avec de l'eau un extrait coloré en brun d'un goût assez agréable, et qui, à cause de son bas prix, est assez employé dans la classe pauvre au lieu et place du chocolat. Ainsi, en Irlande, pays proverbial pour la misère de ses habitants, la consommation annuelle des cosses de cacao s'élève à plus de 300,000 kil., tandis que celle du chocolat n'atteint pas 2,000 kil.

En exprimant à chaud les fèves de cacao, on en retire de 30 à 36 p. 100 de *beurre de cacao*, corps gras, que l'on peut purifier en le faisant fondre dans de l'eau, puis laissant refroidir; il est alors blanc, a la consistance du suif et fond à 50° c. Il se distingue des autres corps gras en ce qu'il rancit très-difficilement.

Pour fabriquer le chocolat, on commence par torréfier le cacao sur un feu très-doux, dans des cylindres en tôle, analogues à ceux que l'en emploie pour griller le café, dans le but de développer son arôme, de lui enlever une partie de son amertume, et de rendre les coques fragiles. Lorsqu'on a atteint le degré de torréfaction convenable, on vide le cylindre sur une table, et lorsque le cacao est à demi refroidi, on brise les coques en passant légèrement dessus un rouleau en bois, ou en faisant passer le cacao dans une espèce de moulin concasseur, puis on le vanne, afin de séparer entièrement les coques. On réduit ensuite le cacao en pâte molle, en le pilant vivement dans un mortier en fonte (1), que l'on a fait chauffer d'avance avec son pilon à une température de 60 à 80° en y plaçant des charbons incandescents, et que l'on enveloppe d'une forte toile d'emballage pliée en plusieurs doubles et maintenue par une ficelle, après en avoir retiré le charbon pour y maintenir la chaleur le plus longtemps possible. On ajoute par tiers, en continuant le broyage, le sucre, dont le poids total doit être égal à celui du cacao employé. Lorsque l'on incorpore dans le chocolat des aromates, tels que de la vanille, de la cannelle, etc., on les ajoute en même temps que le dernier tiers du sucre. Pour la cannelle, rien n'est plus facile ; il suffit de la prendre de bonne qualité et en poudre très-fine ; mais la vanille, qui ne peut être pulvérisée par les moyens ordinaires, exige une préparation particulière, qui consiste à la couper en fragments et à la broyer à froid avec du sucre en morceaux,

(1) On verra plus loin que ces mortiers sont remplacés avec avantage par des broyeuses continues chauffées à la vapeur. — Arm.

qui la déchire et qui finit par la réduire en une pulpe, à laquelle on ajoute du sucre en poudre pour la diviser complétement. On emploie une cosse de vanille par 750 grammes de cacao.

Le dernier broyage pendant lequel on incorpore le sucre se fait ordinairement sur une plaque en grès, en marbre ou en fonte, préalablement chauffée à une température de 50 à 60°, à l'aide de rouleaux en fer ou en fonte grise tournés et animés d'un mouvement de va-et-vient qu'on leur communique à la main, ou qu'ils reçoivent d'une machine à vapeur, ou de tout autre moteur, au moyen de mécanismes faciles à imaginer (1).

Quand le mélange est bien opéré, on divise rapidement le chocolat par parties de 125 grammes, que l'on place dans des moules en fer-blanc, dont la forme est bien connue. Ces moules sont ensuite placés sur un châssis en bois que l'on incline alternativement de chaque côté, par de brusques mouvements, pour étaler le chocolat. Par le refroidissement, il prend un peu de retrait, de telle sorte qu'il se détache ordinairement de lui-même lorsqu'on retourne le moule ; s'il ne se séparait pas, il faudrait légèrement forcer le moule en le tenant par les deux extrémités d'une même diagonale. Quand la pâte est trop chaude, il arrive quelquefois qu'elle adhère au moule et qu'elle se boursoufle , quand elle est trop froide, elle se moule mal et ne prend pas de brillant ; il faut donc opérer à une température fixe, que l'habitude apprend à reconnaître par la consistance de la pâte, qui doit être molle sans être fluide.

Le chocolat de santé est aromatisé avec de la cannelle. Les chocolats analeptiques au salep et au lichen se préparent en ajoutant au chocolat fin ordinaire, sans aromates, 1/16e de poudre de salep ou de poudre de lichen privé en partie de son amertume par des macérations dans l'eau froide.

Un bon chocolat ne doit point s'épaissir quand on le fait bouillir avec de l'eau ou avec du lait ; cela n'a lieu que lorsqu'il est falsifié avec de la farine ou de la fécule.

Le chocolat est très-sujet à être attaqué par les vers ; pour le préserver, il faut le préparer dans un endroit où il n'y a pas d'insectes, et le couvrir aussitôt après d'une feuille d'étain qui s'applique bien à la surface et le défend contre l'action des agents extérieurs.

Depuis quelques années, l'établissement Mesnier, à Noisiel, qui fabrique mécaniquement une immense quantité de chocolat, a introduit dans le commerce des cacaos broyés, de différentes qualités, qui remplacent avantageusement le chocolat par l'économie qu'ils procurent : 12 grammes de cacao maragnan de première qualité et 3 grammes de cacao caraque broyés, mêlés avec leur poids de sucre, suffisent pour une excellente tasse de chocolat.

DESCRIPTION DE L'USINE,

REPRÉSENTÉE SUR LES FIGURES DE LA PLANCHE 7.

La fig. 1 de cette planche, représente un plan général vu en dessus des divers appareils employés dans la fabrication du chocolat, avec une coupe horizontale du bâtiment dans lequel ils sont renfermés, et la disposition du moteur et des transmissions de mouvement nécessaires.

La fig. 2 est une coupe longitudinale faite vers le milieu du bâtiment et

(1) Les machines à cônes et à cylindres sont bien préférables et font plus de travail. — Arm.

une élévation vue de face de plusieurs des appareils indiqués dans le plan.

La fig. 3 est une section transversale faite suivant la ligne 1-2, en regardant les moulins et la machine à vapeur.

On remarquera sans doute par ces figures, que l'espace laissé entre chacun des appareils est peut-être un peu trop restreint. Nous avons été dans l'obligation de les rapprocher un peu plus peut-être qu'ils ne le sont généralement dans les grands établissements qui ont le terrain nécessaire, cela a tenu au format limité que nous avons adopté pour nos planches ; au reste les cotes et les dimensions indiquées peuvent très-bien suffire à montrer l'espace qu'il est utile d'occuper pour ne pas gêner le service dans les diverses opérations. Nous avons cherché à réunir autant que possible dans le même atelier et sur le même plan, toute la collection des machines employées afin d'en donner une idée générale à la première vue; nous observerons cependant qu'il est utile de loger dans une pièce à part le four à torréfier le cacao, et le tarare qui sert à en enlever les coques, c'est pourquoi nous supposons ces appareils indiqués à la droite du plan (fig. 1), séparés des autres par une cloison qui s'élève sur toute la hauteur du rez-de-chaussée et dans laquelle on a ménagé une porte que l'on tient fermée le plus possible afin que la poussière ne puisse se dégager dans les autres parties de l'usine.

Four a torréfier. — Le torréfacteur proprement dit se compose d'un cylindre en tôle pleine A, monté horizontalement sur un axe en fer creux *a* et logé dans l'intérieur d'un fourneau en briques B. Le devant de ce four est entièrement ouvert pour permettre d'y introduire le cylindre tout garni et de l'en sortir à volonté; quand il est à sa place, on ferme cette ouverture par une porte en tôle en deux parties *b*, disposées comme des clapets à charnière. Pour remplir le cylindre de fèves de cacao, on le pose préalablement sur un châssis en fer C placé près du four et élevé sur des supports à la hauteur convenable. Quand le cylindre est plein, on ferme l'ouverture par laquelle les fèves ont été introduites, et on le porte dans le four où il repose de même sur un châssis horizontal muni sur deux côtés opposés des coussinets nécessaires pour recevoir les tourillons de l'axe ; on allume alors le foyer dont la grille, située seulement à 16 centimètres au-dessous du cylindre, est de même longueur que lui, mais n'a pour largeur que 22 centimètres.

Quand le four est en activité on fait tourner le cylindre lentement sur lui-même au moyen d'une manivelle *c* à laquelle il suffit d'appliquer un enfant; quoique l'on pourrait au besoin lui imprimer le mouvement par le moteur même de l'usine, en disposant à cet effet un débrayage convenable.

Nous avons dit que l'axe *a* du cylindre est creux, il est en outre percé de trous sur toute sa circonférence afin de permettre à la vapeur ou à d'autres gaz qui se dégagent de l'intérieur du cylindre pendant la torréfaction, de s'échapper au dehors par l'extrémité opposée à la manivelle. La flamme et l'air brûlé qui se dégagent du foyer enveloppent toute la

surface du cylindre et s'échappent au dessus par la cheminée d'appel qui doit être située dans le plan vertical passant par l'axe.

TARARE ET VENTILATEUR. — Le tarare destiné à nettoyer et à enlever la coque des fèves après qu'elles ont été torréfiées, est une machine très-simple, construite presque entièrement en bois. Elle se compose d'une trémie supérieure D, dans laquelle est un cylindre horizontal en bois, garni sur toute sa surface d'une grande quantité de clous à têtes saillantes et pointues, formant une suite d'aspérités qui frottent énergiquement les fèves de cacao à mesure qu'elles arrivent à la partie inférieure du plan incliné en tôle *d* qui forme un peu coursier sous le cylindre et qui à cette extrémité présente aussi, sur toute sa largeur, une suite d'aspérités. Ces fèves ainsi froissées tombent successivement sur un crible incliné, composé d'une grande feuille de tôle percée de trous, ou d'une toile métallique montée sur un châssis qui reçoit un léger mouvement saccadé, au moyen de deux tringles reliées à des cliquets qui s'engagent dans les dents de deux roues à rochet *e* montées sur l'axe du cylindre.

Un ventilateur à quatre ailes E disposé vers l'extrémité de la machine souffle constamment sur les fèves à mesure qu'elles descendent sur le crible incliné et chasse au dehors du côté opposé F, toute la poussière, les coques et les pailles qui se sont détachées du cacao pendant l'opération.

Ce tarare est commandé par une poulie *f* montée sur le grand arbre de couche A′ qui doit faire mouvoir tous les appareils de l'usine. Cette poulie *f* est en communication avec l'une des deux poulies *g* montées sur l'axe du cylindre à dents, lequel commande à son tour le ventilateur, par la poulie *h* qui se relie par une courroie à celle beaucoup plus petite *i*.

Le cacao après avoir été ainsi torréfié et nettoyé, au lieu d'être, comme en origine, soumis à l'action de divers pilons, pour se broyer et se mélanger avec le sucre en poudre, se trouve actuellement porté directement soit dans une broyeuse proprement dite, soit dans un mélangeur.

BROYEUSE A GALETS. — La broyeuse se compose, comme on l'a vu sur la planche 2 du VIe volume, d'une auge circulaire en pierre G dans laquelle se promènent deux galets ellipsoïdes G′ dont l'axe commun est traversé à son centre par un arbre vertical portant une roue d'angle *j*, avec laquelle engrène un pignon semblable *k*, ajusté sur l'arbre de couche *l*, qui se prolonge au dehors afin de porter les deux poulies *m* commandées par celle plus large *n* qui est placée sur le grand arbre moteur. On se rappelle que l'auge circulaire est renfermée dans une enveloppe en fonte B′ dans laquelle on fait circuler de la vapeur afin de maintenir toujours pendant l'opération la pierre et par suite la substance à broyer, au degré de température convenable. Cette enveloppe de fonte à laquelle on adapte un robinet d'entrée et un robinet de sortie, repose sur un dé en pierre C′ et est surmontée d'une sorte de vase en fonte qui paraît former le prolongement de l'auge dont il augmente par suite la capacité.

MÉLANGEUR A GALET. — Le mélangeur est un appareil analogue à la

broyeuse, il est aussi du même constructeur, seulement son auge en pierre H, ne renferme qu'un seul galet H′ qui au lieu d'être ovoïde est simplement d'une forme sphérique coupée par deux plans parallèles. Le bras qui porte ce galet est fixé à un axe vertical *o* qui traverse l'auge et qui est commandé par sa partie inférieure, au moyen d'une paire de roues d'angle auxquelles le mouvement est imprimé par la poulie *p*, qui communique avec celle *q*, rapportée sur le bout de l'arbre intermédiaire *r*. L'auge en granit H est surmontée d'une cuvette en fonte I, et repose sur un double fond qui permet de la chauffer au besoin, soit à la vapeur, soit à l'air chaud.

Cet appareil, comme son nom l'indique, sert plus particulièrement à effectuer le mélange complet du cacao et du sucre, après que ces substances ont été déjà broyées au degré convenable dans l'appareil précédent. Toutefois dans une fabrique de moindre importance où l'on est souvent restreint pour la place, comme pour les capitaux, on se contente d'un seul des deux appareils, en y broyant successivement chacune des substances, et en les mélangeant ensuite.

Dans l'une et l'autre machine, le constructeur a disposé des raclettes autour des galets, afin de faire tomber dans l'auge toute la substance broyée qui y adhère pendant la rotation. Des couteaux ou racloirs courbes en acier qui épousent exactement la forme concave de l'auge, servent aussi à entraîner les substances et à les pousser sous les galets.

En tout cas, que l'on emploie un seul ou les deux appareils dans la même fabrique, on peut dire qu'ils remplacent, ensemble comme séparément, avec un grand avantage les systèmes de mortiers ou de pileries que l'on employait auparavant, et qui, outre le grave inconvénient de produire des secousses, des ébranlements dans tout le bâtiment et un bruit continu et désagréable, ne sont pas capables de produire un mélange aussi régulier et le même travail dans un temps donné.

Moulin a cylindres. — Nous avons fait connaître avec détails, dans le IVe volume, le moulin à trois cylindres de granit et à bâtis en fonte que M. Hermann construit pour les fabriques de chocolat, de préférence aux machines à cône, auxquelles on reproche surtout de faire comparativement peu de besogne. Ces moulins sont, en effet, fort commodes, très-faciles à conduire et donnent, comme on l'a vu, beaucoup plus de produits. Les documents que nous avons publiés à leur sujet sont assez complets pour qu'il ne nous paraisse pas nécessaire d'y revenir; disons seulement que cette application de trois cylindres L, M, N, placés sur le même plan horizontal au-dessus d'un riche bâtis en fonte O, s'exécute sur des dimensions différentes, suivant la quantité de chocolat que l'on veut fabriquer. Ainsi, avec tel modèle de proportions restreintes, on produit 100 à 120 kilogr. par jour, et avec tel autre, comme celui qui est représenté sur les figures, on peut en faire jusqu'à 250 et même 300 kilogrammes.

On se rappelle que la marche des trois cylindres n'est pas la même.

Ainsi la substance qui est renfermée dans la trémie supérieure P tombe d'abord entre les deux cylindres L et M, puis repasse entre celui M et le troisième N. Or, c'est celui du milieu M qui reçoit la première commande du moteur, au moyen de la grande roue dentée *s* avec laquelle engrène le pignon *s'*, dont l'axe porte les deux poulies *t* qui sont commandées au moyen d'une longue courroie par la poulie *t'* montée sur le grand arbre de couche moteur. Le rouleau M reçoit ainsi une vitesse de 10 à 12 tours par minute, et comme son axe porte d'un bout un pignon droit *u* qui engrène avec une roue droite *u'* montée sur l'axe du premier rouleau L, la vitesse de celui ci est notablement plus petite que celle du premier. A l'autre extrémité de l'axe du même cylindre M est une roue droite *v* qui engrène avec un pignon beaucoup plus petit *v'*, monté sur l'axe du troisième rouleau N; par conséquent, la vitesse de ce dernier est notablement plus grande que celle des deux autres. Le rapport entre ces vitesses est tel que lorsque le rouleau du milieu fait un tour seulement, son premier voisin L n'en fait guère que 4/7es, tandis que le troisième N en fait 3 à 3 1/2. Il en résulte que les cylindres opèrent non-seulement par leurs rotations successives qui sont en sens contraire, mais encore par le glissement qui résulte des surfaces qui marchent avec des vitesses différentes.

Lorsqu'on a des moulins à cylindres bien montés, on peut fabriquer toute espèce de chocolat et dans les meilleures qualités, et quoique ce soit aujourd'hui le système de machines qui soit le plus répandu, on voit encore quelques fabricants adopter les moulins à cônes que plusieurs constructeurs ont montés avant M. Hermann.

Moulin a cônes. — Nous avons cru devoir en indiquer la disposition sur le plan général, fig. 1, et sur l'élévation fig. 3.

On voit par ces figures que l'appareil consiste en une table horizontale en pierre Q renfermée dans une cuvette en fonte qui est supportée sur un bâtis plus ou moins orné R dans lequel est renfermé le principal mouvement. Sur cette table se promènent trois rouleaux coniques S que l'on a faits quelquefois en fonte, mais que l'on doit aussi préférablement mettre en granit. Ces trois rouleaux ont leurs axes suspendus aux bras d'une sorte de riche corniche en fonte T que l'on fait généralement assez pesante pour augmenter la pression des rouleaux sur la table et que l'on termine par une sorte de vase, complétant l'ornement et qui, au besoin, reçoit les substances qui y sont amenées d'un réservoir supérieur, afin de les verser successivement à peu de distance du centre de la table où elles sont bientôt étalées par les rouleaux.

Ceux-ci tournent librement sur eux-mêmes, et en même temps ils sont entraînés par la rotation d'un arbre vertical central qui traverse la table et reçoit son mouvement en dessous par une paire de roues d'angle, que commandent les poulies x, x'. La table et les rouleaux sont chauffés comme dans la machine à cylindres, soit à la vapeur, soit de toute autre manière.

Il y a des mécaniciens, comme M. Debatiste, qui ont eu l'idée de faire

tourner non-seulement les rouleaux, mais encore la table elle-même et en sens contraire, afin de chercher à augmenter le travail du moulin. Plus récemment, M. Debatiste a ajouté sur l'un des rouleaux une sorte de rouleau alimentaire dont il espère de bons résultats. Depuis quelque temps, on voit chez M. Devinck un système de moulin à cônes dont les rouleaux sont beaucoup plus multipliés et surmontés d'une série d'autres rouleaux qui se logent entre les premiers et qui augmentent ainsi considérablement les surfaces frottantes.

On sait, en effet, que plus l'on veut faire du chocolat fin, plus le cacao doit être broyé, et l'on cherche pour cela à augmenter autant que possible les surfaces de contact et à le répandre en couches extrêmement minces.

Comprimeuse. — Lorsque le cacao et les diverses substances avec lesquelles il est mélangé ont ainsi subi les diverses opérations de broyage, de mélange et de trituration, on peut regarder le chocolat comme entièrement fait ; seulement, avant de le livrer au commerce, il importe de le comprimer pour en extraire les molécules d'air qu'il renferme, d'en former des tablettes qui doivent avoir une certaine dimension, et composer des paquets du poids d'un demi-kilogramme.

M. Devinck, qui a dépensé considérablement d'argent pour monter sa fabrique de chocolat, a établi à ce sujet une machine extrêmement ingénieuse pour distribuer et mouler le chocolat en tablettes ; mais cette machine, pour laquelle il a pris un brevet d'invention de quinze ans, est évidemment d'un prix beaucoup trop élevé pour être appliquée dans toutes les chocolateries. On préfère généralement employer les appareils connus sous le nom de comprimeuses et de tapoteuses.

La première consiste en une trémie en fonte U dans laquelle on apporte le chocolat en pâte, tel qu'il a été produit dans les moulins précédents. Au fond de cette trémie est une sorte de vis sans fin V, à filets très-profonds et allongés, comme on le voit bien sur les détails fig. 4 et 5, et dont l'axe se prolonge d'un bout pour porter une petite roue droite en fonte *w* qui lui imprime un mouvement de rotation continu au moyen du pignon *w'* et des poulies *y* et *y'* ; l'objet de cette vis de rappel est de prendre à chaque tour une certaine quantité de la substance contenue dans la trémie et de la refouler dans la boîte conique X qui est rapportée à l'extrémité et qui conduit le chocolat ainsi comprimé en forme de boudin sur la table à rouleau Y. Un petit couteau à poignée *z*, fig. 4 et 6, est adapté à l'ouverture de cette boîte conique, afin de couper successivement le boudin à mesure qu'il en sort par tranches d'une certaine longueur, de manière à ce que chaque morceau corresponde au volume et au poids nécessaire pour former les tablettes.

L'appareil repose sur un bâtis en fonte Z formant caisse fermée de toutes parts, dans laquelle on peut, au besoin, placer un réchaud ou une chaufferette pleine de poussier que l'on allume afin de maintenir le chocolat à un degré de chaleur convenable pour faciliter son moulage, parce

qu'immédiatement à la sortie de cette machine, il est transporté sur des tables mobiles auxquelles on a donné le nom de tapoteuses.

Tapoteuses. — Celles-ci se composent, en effet, comme on peut le voir par les fig. 7 et 8, d'une sorte d'établi E′ en bois, élevé à la hauteur convenable et surmonté d'une table à rebords F′. C'est sur cette table que l'on étend une suite de moules en zinc rapprochés les uns des autres et ayant chacun la forme des tablettes que l'on veut obtenir; on verse sur tous ces moules les rondelles de chocolat qui sortent de la comprimeuse, et on leur imprime un léger mouvement saccadé, afin que la substance se tasse et prenne une couche uniforme dans tous les moules; ce mouvement saccadé est obtenu par un mécanisme fort simple qui consiste en deux roues à rochet *a′* montées sur le même axe *b′* qui prolongé porte la poulie *c′*, laquelle est commandée par l'arbre moteur au moyen de la poulie *d′* (fig. 1re). Les dents de ces roues à rochet rencontrent à mesure qu'elles tournent les taquets *e′* qui sont fixés sous la table, laquelle est tenue comme en suspension à quelques millimètres au-dessus du bâtis (fig. 7 et 8). Dès qu'on veut cesser l'opération, il suffit de soulever la table et tout ce qu'elle porte, d'une petite quantité, afin que les taquets ne soient plus rencontrés par les dents des rochets. Cet effet a lieu au moyen d'un axe à poignée *f′* et de deux leviers *g′* au sommet desquels s'engagent deux goujons *i′* qui sont rapportés sur les côtés intérieurs de deux règles ou bandelettes ajustées dans la partie supérieure du bâtis, et terminées par des plans inclinés qui agissent sur les plans correspondants assujétis au-dessous de la table. Ce sont habituellement des femmes ou des enfants que l'on emploie à faire marcher ces derniers appareils qui, comme on le comprend, sont très-légers et se multiplient suivant l'importance de l'usine.

Comme le cacao produit, en dehors de la substance même qui forme le chocolat, des matières huileuses qu'il est bon d'extraire, on emploie à cette opération une presse à vis qui se compose d'un cylindre G^2 (fig. 1re), percé de trous sur toute sa circonférence et terminé par une sorte de gouttière inférieure; ce cylindre repose sur un sommier solide H^2, portant deux petites colonnes qui sont réunies à leur partie supérieure par une traverse en fer I^2. Au centre de cette traverse est renfermé un écrou en bronze traversé par la vis à filets carrés que l'on fait tourner à la main à l'aide d'une verge ou poignée double, et qui en descendant force le piston adapté à sa partie inférieure à comprimer toute la matière contenue dans le cylindre.

Moteur et transmission de mouvement. — Il y a des usines, comme celles de MM. Menier et Ibled, qui, situées sur des chutes d'eau, marchent par des moteurs hydrauliques; d'autres, au contraire, comme celles de MM. Devinck, Cottan, Marquis, Masson, etc., placées, pour ainsi dire, au centre de la consommation, sont mises en mouvement par des moteurs à vapeur. Pour ces usines qui sont en plus grand nombre, M. Hermann a

construit un système de machine qui paraît devoir être généralement adopté.

Les fig. 1, 2 et 3 peuvent donner une idée suffisante de la disposition de cette machine. On voit qu'elle consiste particulièrement à élever le cylindre à vapeur L', qu'il a le soin d'entourer d'une enveloppe en fonte ou en bois, au-dessus de quatre petites colonnes en fonte K' qui, reposant sur une forte plaque de fondation, soutiennent la base quarrée qui forme le fond du cylindre; l'espace libre ménagé au-dessous donne passage à la manivelle M', à laquelle se relie une sorte de trapèze ou de châssis vertical en fer N', composé de deux tringles obliques, reliées par deux segments de cercles, dont l'un, celui inférieur, s'assemble avec le bouton de la manivelle, et l'autre, celui supérieur, s'assemble par son milieu avec le sommet de la tige du piston O', et en même temps à une traverse horizontale portant des galets ou des coussinets qui glissent dans les guides verticaux P'.

La manivelle M' est fixée à l'extrémité de l'arbre de couche Q' qui porte la grande poulie motrice R' et le volant S'. Comme la puissance de la machine est généralement très-faible, puisqu'elle s'élève au plus à 4 ou 6 chevaux pour une usine complète déjà bien montée, et comme la vitesse de rotation de l'arbre de couche Q' est elle-même assez considérable, car elle s'élève souvent à 36 et même à 40 révolutions par minute, on comprend sans peine que l'on peut, sans intermédiaire d'engrenage, transmettre le mouvement général à l'arbre de couche principal A' au moyen d'une simple courroie et des deux poulies R' et T', et cet arbre lui-même que l'on fait en plusieurs parties réunies par des manchons *m'*, transmet, comme on l'a vu, son mouvement à chacun des appareils, au moyen d'une série de poulies et de courroies.

Ce grand arbre principal se place habituellement au-dessous du plafond de l'usine, et afin qu'il fasse éprouver le moins possible de vibrations au bâtiment, au lieu de l'appliquer contre l'une des murailles, il est préférable de le faire supporter par des chaises en fonte *n'* qui sont elles-mêmes solidaires avec les colonnes de fonte U'. Comme il importe de ne pas être gêné dans le service par le passage des courroies, il devient quelquefois indispensable d'appliquer soit des poulies de renvoi, soit des arbres intermédiaires, tels que celui *r* qui commande le mélangeur et le moulin à cônes, fig. 1re, et qui à cet effet porte la poulie *p'*, commandée par celle *q'* rapportée sur le grand arbre de couche.

La vitesse de cet arbre étant de 45 à 50 tours par minute, on peut établir aisément la vitesse relative de chacun des appareils qu'il doit faire mouvoir.

PRIX DES APPAREILS.

Voici, pour compléter les documents concernant cette fabrication, les prix des diverses machines exécutées par M. Hermann et prises dans son établissement :

Un moulin à trois cylindres en granit de 0m 26 de diamètre sur 0m 56 de longueur de table sur bâtis à colonnes plates, fermées par quatre panneaux en fonte, ornée et bronzée, avec poulie folle et poulie fixe, pouvant faire 250 kil. de chocolat par jour. . . . . 3,000 fr.

Le moulin à cônes, qui fait moins de travail, revient à. . . 3,500

Un mélangeur à deux galets en granit, dans une auge en granit de 0m 90 de diamètre. 1,500

Un mélangeur à un seul galet en granit de 0m 18 sur 0m 50 pour préparer le sucre et le cacao. 1,500

Un casse-cacao tarare. 170

Un tambour de brûloir ou torréfacteur sans la ferrure. . . 100

Une comprimeuse ou machine à mouler le chocolat et à en extraire l'air. 1,200

Deux tapoteuses pour dresser le chocolat, chacune 100 fr. . 200

APPLICATION DE TOUTE ESPÈCE DE MÉTAUX

SUR UN MÉTAL QUELCONQUE PAR LA VOIE HUMIDE AU MOYEN DE L'IMMERSION OU D'UN COURANT GALVANIQUE,

PAR M. GAUDIN, chimiste à Paris.

Jusqu'à présent, pour obtenir un résultat dans l'application des métaux par l'immersion ou par la pile, on a constitué les bains à l'aide d'une solution dans un liquide acide, basique ou neutre, d'un ou de plusieurs sels produits par la chimie, et appartenant à l'espèce du métal ou des métaux que l'on veut appliquer sur la pièce à recouvrir; c'est-à-dire que jusqu'à ce jour on a constitué les bains en saturant, avant l'emploi de l'immersion ou d'un courant galvanique, le liquide acide, basique ou neutre, au moyen d'un ou de plusieurs sels métalliques, les bains étant ensuite entretenus à l'aide d'*anodes* en métal, correspondant par leur espèce au métal ou aux métaux dont étaient formés les sels dissous préalablement pour organiser les bains.

Par le procédé de M. Gaudin, on fait une dissolution à saturation de sel marin (*sel gemme*) ou de cuisine ; on la laisse sur le feu pendant deux heures, puis refroidir, et on la fait filtrer. On ajoute ensuite à cette dissolution un demi-gramme d'acide sulfurique par cent grammes du liquide saturé; on laisse reposer le tout pendant vingt-quatre heures, et on filtre une seconde fois.

Cette liqueur ainsi constituée, on y trempe une anode du métal que l'on veut déposer, à l'aide d'un courant galvanique, et au bout de deux heures le bain donne sur la pièce à recouvrir.

Pour obtenir, par exemple, un bain d'argent au trempé, il suffit de faire dissoudre partie d'un morceau d'argent dans la liqueur, de l'y laisser séjourner, et le bain est prêt à servir au bout de vingt-quatre heures.

Ces proportions peuvent servir pour l'or, l'argent, l'étain, le cuivre, le plomb, le fer, l'acier, le zinc, le platine, etc.

On peut opérer avec la même base en changeant l'acide et en employant l'acide nitrique, ou le chlorhydrique, soit seuls, soit combinés avec l'acide sulfurique; toutefois, l'auteur préfère le premier procédé, car les expériences faites avec des acides nitriques, chlorhydriques, sulfuriques, etc., purs et ordinaires, sous la base servant à constituer des bains seulement par la dissolution de l'anode, ont fait reconnaître que certains métaux à recouvrir sont attaqués.

Ainsi, la base de cette invention repose ***sur la constitution des bains par la dissolution des anodes;*** elle comprend donc toute solution ayant la faculté de constituer des bains en dissolvant l'anode, lesdits bains pouvant être employés à chaud ou à froid.

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ.

MOTEURS ÉLECTRIQUES

ÉTABLIS SUR LES PRINCIPES POSÉS

Par M. FROMENT,

FABRICANT D'INSTRUMENTS DE PRÉCISION, A PARIS.

(PLANCHE 8.)

Les applications industrielles de l'électricité suivent depuis ces dernières années une progression tellement rapide qu'il est de notre devoir de tenir nos lecteurs au courant de ces applications, ou au moins de celles qui, établies sur des principes mécaniques ou aidées des combinaisons de cette science, donnent des résultats de la plus haute portée.

Nous citerons en première ligne la télégraphie électrique et les moteurs mis en mouvement à l'aide des mêmes éléments. C'est aussi de ces deux appareils, considérés depuis leur origine, que nous nous occuperons d'abord; mais auparavant il nous semble indispensable de rappeler brièvement les principes physiques servant de bases à chacun d'eux.

Nous exposerons donc avec les savants auteurs qui ont traité cet important sujet, les phénomènes qui ont donné naissance à ces appareils, en fournissant sur leurs propriétés absolues ou relatives toutes les explications capables de jeter quelque clarté sur l'étude des dispositions mécaniques. Cet exposé nous oblige nécessairement à donner quelques définitions qui seraient mieux placées dans un traité de physique que dans notre Recueil éminemment descriptif; mais nous répétons que nous n'entendons que faciliter l'étude des appareils électriques, sans prétendre aucunement apporter sur les éléments d'autres données que celles que nous aurons puisées aux sources spéciales des Traités de physique ou aux ouvrages spéciaux.

Le *magnétisme*, dit à ce sujet M. Pouillet, est la cause de l'attraction qui s'exerce entre le fer et l'*aimant*.

Les *aimants* qu'on rencontre dans ou à la surface du sol s'appellent

aimants naturels ou *pierres d'aimants;* ils jouissent comme les *aimants artificiels*, c'est-à dire ceux qu'on obtient volontairement à l'aide de certains procédés, de la propriété d'attirer le fer et de supporter des masses plus ou moins considérables de cette matière.

Tout aimant a une ligne milieu et deux *pôles*, c'est-à-dire que les propriétés magnétiques s'évanouissent au milieu de l'aimant pour devenir, au contraire, très-actives aux extrémités de celui-ci. Couperait-on en deux ledit aimant, chaque morceau jouirait de la même propriété, et cela d'une manière indéfinie. De plus les pôles de même nom se *repoussent* et ceux de noms contraires *s'attirent*.

L'*électricité* est la cause des attractions que certains corps, quand ils viennent d'être frottés, exercent sur tous les corps légers qu'on leur présente. On peut donc la considérer comme un *fluide* qui circule pour se répandre sur les corps voisins. Ce *fluide électrique* est impondérable.

L'électricité *statique*, c'est-à-dire celle que nous venons de définir et qui n'est fournie que par le frottement, ne réside qu'à la surface des corps qu'elle occupe et tend continuellement à s'en échapper. C'est une électricité animée d'une grande tension, comme on dit en physique; il en résulte qu'elle abandonne ses conducteurs sous l'influence des causes les plus indifférentes; l'air humide, par exemple, suffit pour la dissiper. Un agent aussi difficile à manier et à contenir ne pouvait donc en aucune façon être utilisé pour le service industriel; aussi ne constatons-nous son existence que pour arriver graduellement à parler de l'*électro-magnétisme* défini par les physiciens comme la cause des actions qui s'exercent, sous certaines conditions, entre les fluides électriques et magnétiques.

C'est Galvani, médecin à Bologne, qui observa en 1789, sur une grenouille, les phénomènes qui devaient conduire à la découverte de l'électro-magnétisme. Il remarqua en effet qu'une grenouille dépouillée et coupée par la moitié se mettait en contraction et s'agitait vivement lorsqu'on faisait passer le plus faible courant électrique entre les muscles et les nerfs. Frappé de ces contractions qui s'étaient accidentellement produites sous ses yeux, il reconnut que pour les faire naître il fallait établir avec un arc métallique la communication entre les nerfs et les muscles. La grenouille fut alors comparée à une bouteille de Leyde (1), les nerfs représentant l'armature intérieure et les muscles l'armature extérieure, le fluide qu'on appela *galvanique* déterminant la contraction aussitôt qu'il pouvait se recomposer ou se remettre en équilibre au moyen de l'arc conducteur. Telle fut l'origine du *galvanisme*.

Plus tard, Volta découvrit la *pile* (2) qui porte son nom et dont les ac-

(1) La bouteille de Leyde est un appareil propre à *dissimuler* l'électricité, c'est-à-dire propre à faire dissimuler les deux électricités (résineuse et vitrée), l'une par l'autre en s'attirant mutuellement et en se pressant sur les faces opposées du corps, mauvais conducteur, qui les sépare.

(2) On appelle *pile* la réunion de plusieurs *éléments* L'élément de la pile de Volta se compose d'un et de deux solides dont la combinaison avec les métaux qui les contiennent dégage les courants électriques.

tions chimiques produisent l'électricité employée dans les sciences et les arts industriels. Wollaston, Cruikshank, Davy, Gay-Lussac, Thénard, Hare, Zamboni, etc., fournirent les leurs; enfin, en 1820, M. Œrsted, professeur à Copenhague, fit la découverte de l'électro-magnétisme dont nous venons de parler; c'est-à-dire qu'il trouva le moyen de faire agir l'électricité sur le magnétisme d'une manière sûre et permanente.

Nous regrettons que les dimensions de notre cadre ne nous permettent pas de parler plus longuement des découvertes si importantes que nous venons d'énumérer; mais nous avons hâte d'arriver à la construction et à la démonstration des diverses piles *galvaniques* ou *voltaïques*, qui commencent réellement la description de la formation et des applications de l'électricité.

Nous puisons les données suivantes dans l'intéressant ouvrage élementaire de M Pouillet, publié en 1850 sous le titre de *Notions générales de Physique*.

La pile à deux liquides, que nous prenons pour point de départ, se compose de deux liquides et de deux solides. Pour les deux liquides on prend l'acide azotique ordinaire et l'acide sulfurique étendu; pour les deux solides, le charbon et le zinc. Voici leur arrangement :

L'acide azotique est contenu dans un vase de verre ou de faïence; le charbon, sous forme de cylindre ouvert aux deux bouts, plonge dans l'acide azotique ; un vase poreux de terre cuite, qui n'est point attaqué par les acides, contient l'acide sulfurique étendu; il plonge aussi dans l'acide azotique, son fond reposant sur le fond du vase de verre; enfin la feuille de zinc plonge dans l'acide sulfurique étendu.

Le charbon porte en haut un collier de cuivre auquel est soudée comme appendice une lame de cuivre marquée du signe + ; c'est le pôle positif de l'élément. Tout fil, tout ruban de métal mis en contact avec cet appendice, ou en général avec le charbon, s'appelle aussi le pôle positif de l'élément, parce qu'il en reçoit le fluide vitré ou le fluide positif.

Le zinc porte pareillement comme appendice une lame de cuivre; elle est marquée du signe — : c'est le pôle négatif de l'élément. Tout corps conducteur touchant au zinc s'appelle aussi le pôle négatif, parce qu'il en reçoit le fluide négatif ou l'électricité résineuse.

Une pile peut être composée de plusieurs éléments, c'est-à-dire de plusieurs appareils semblables à celui que nous venons de décrire. Ces éléments doivent être réunis de la manière suivante : le premier élément a son pôle positif libre, mais son pôle négatif est réuni au pôle positif du suivant, et ainsi de suite de proche en proche jusqu'au dernier élément qui a, par conséquent, son pôle négatif libre.

Les deux pôles libres, c'est-à-dire le pôle positif du premier élément et le pôle négatif du dernier, s'appellent : l'un le pôle positif, et l'autre le pôle négatif de la pile.

On compose ainsi des piles de trente éléments, de soixante éléments, et quelquefois de deux ou trois mille éléments.

Prenons pour exemple la pile de dix éléments : en approchant le fil positif du fil négatif, ou plutôt en passant rapidement ces deux fils l'un sur l'autre, on voit jaillir une étincelle; on peut répéter cette expérience dix fois, cent fois de suite, l'étincelle se produit toujours avec le même éclat. La pile est donc une bouteille de Leyde ou une batterie, toujours prête, toujours chargée. Cependant l'apparition de l'étincelle est une preuve que les deux électricités contraires se recomposent; par conséquent, la pile a la propriété de se charger elle-même, c'est-à-dire de séparer sans cesse les deux fluides et d'envoyer sans cesse le fluide positif à l'une de ses extrémités, et le fluide négatif à l'autre.

Cette conséquence est justifiée d'une manière irrévocable par l'expérience suivante : On réunit les deux fils ou les deux pôles de la pile par un fil de platine, d'un tiers ou d'un quart de millimètre de diamètre, et d'une longueur suffisante, on sent qu'il s'échauffe notablement; en diminuant sa longueur, la chaleur augmente, il devient fumant, plus visiblement rouge, rouge cerise, rouge blanc; et si l'on en diminue encore la longueur, le platine coule en gouttes comme du plomb, avec une facilité d'autant plus étonnante que la plus haute température du feu de forge est incapable de le fondre. Mais supposons qu'on lui donne la longueur convenable pour qu'il soit porté seulement au rouge cerise; alors on peut laisser les choses dans cet état pendant des heures entières : l'électricité passe toujours, se reproduit toujours; l'incandescence permanente du fil ne laisse aucun doute sur cette incessante reproduction, sur cette perpétuelle circulation de l'électricité.

On appelle *courant électrique* cette continuelle recomposition des deux fluides électriques dans toute l'étendue des conducteurs de la pile. On comprend, en effet, que ce phénomène de recomposition ne peut pas appartenir à un point en particulier, qu'il doit s'accomplir partout, aussi bien dans les fils de cuivre que dans le fil de platine, aussi bien dans les liquides que dans les solides de la pile; c'est-à-dire dans toute la longueur des conducteurs, que l'on appelle le *circuit de la pile;* seulement il n'est pas accompagné partout d'un égal dégagement de chaleur.

Les fils de la pile, ou en général les conducteurs qui apportent le courant, s'appellent aussi les *rhéophores;* ainsi on pourra dire les rhéophores de la pile, les rhéophores de tel ou tel appareil, c'est-à-dire les conducteurs qui apportent le courant dans cet appareil.

Il importe de définir le sens ou la direction du courant : pour cela, on dit que, au dehors de la pile, le courant va du pôle positif au pôle négatif, et par conséquent dans l'intérieur de la pile elle-même, du pôle négatif au pôle positif. C'est une simple convention, il n'y a pas plus de motifs pour assigner au courant cette direction, que pour lui assigner la direction contraire; mais cette convention une fois adop-

tée, on y trouve l'avantage d'éviter les circonlocutions et les équivoques.

On voit par là que la décharge d'un condenseur, d'une bouteille de Leyde, d'une batterie, est un véritable courant, analogue au courant de la pile, ayant comme lui sa direction, avec cette seule différence que l'un est passager, tandis que l'autre est persistant.

Il y a plus, tout mouvement de l'électricité est un courant : ainsi le sillon de l'étincelle, le sillon de l'éclair sont des courants électriques, courants passagers, d'une durée très-petite, qui se compte peut-être par millionièmes de millionièmes de seconde; mais dans leur existence de si courte durée, ils n'en ont pas moins tous les caractères et toutes les propriétés des courants permanents de la pile (1). »

La pile de Bunsen que nous venons de décrire est très-convenable lorsqu'on veut agir avec un grand nombre d'éléments puissants et obtenir des effets réguliers, mais pour les besoins industriels ces piles varient de genre suivant les conditions ou les ressources, ou les expérimentateurs. Nous allons en décrire quelques-unes en commençant par une batterie employée communément en Angleterre pour les opérations télégraphiques. Elle est due à M. Fothergill-Cooke.

Cette pile ou batterie se compose d'un fort baquet en bois dur de 75 centimètres de long sur 15 centimètres de large, divisé en vingt-quatre cellules par des cloisons d'ardoise, ce qui donne à chaque cellule une largeur d'environ 3 centimètres. Les plaques sont assemblées en couples par des bandes de cuivre rivées de l'une à l'autre. Un simple zinc commence la série et un simple cuivre la termine. Les extrémités des couples sont vernies, dans un but de propreté et pour éviter la corrosion. Les couples de métaux sont placés à califourchon sur les cloisons d'ardoise, tous les zincs tournés du même côté. On met dans ces cellules une épaisseur de 2 à 3 centimètres de sable siliceux, ce qui permet de transporter facilement une batterie chargée d'un endroit à un autre, car on n'introduit dans l'appareil qu'une quantité d'eau acidulée nécessaire pour saturer ce sable, qui sert aussi à modérer toute action irrégulière tendant à se produire entre l'acide et le métal.

La solution acide est formée d'une partie d'acide sulfurique et de quinze parties d'eau.

Le télégraphe du *South-Eastern-Railway* ou chemin du Sud-Est fonctionne avec 2,200 couples de ces plaques, ce qui fait environ 140 couples par batterie. L'étendue de la ligne est de 290 kilomètres avec 47 stations.

Ces piles ont l'inconvénient d'agir avec une force décroissante, exigeant par suite qu'on les arrose de temps en temps. Elles doivent être renouvelées tous les deux mois environ.

M. Eisenlohr, chargé de l'organisation des télégraphes dans le grand-duché de Bade, a cherché une pile plus constante et qui ne fût pas soumise aux conséquences de l'impéritie des employés, lesquels tantôt mettent

(1) Pouillet, *Notions générales de physique*, 1850.

trop d'eau, tantôt trop d'acide, tantôt laissent tout à sec, ce qui interrompt naturellement les opérations. Il a trouvé que la substitution d'une solution de bitartrate de potasse à l'eau acidulée, dans laquelle on plonge le zinc des couples de Daniell (1), et l'emploi d'une solution saturée de sulfate de cuivre pour baigner le cuivre, répondraient parfaitement à son but. Des résultats numériques prouvent la très-remarquable constance de cette nouvelle pile (2).

M. Grove est parvenu à construire une pile d'après des données si nouvelles et si inattendues, dit encore M. Pouillet en parlant des piles en général, qu'elle semble être une découverte des plus intéressantes pour les théories électro-chimiques. Cette pile, qui porte le nom de *pile à gaz*, se compose de petites cloches, en partie pleines d'hydrogène et d'oxigène, plongeant dans de l'eau pure légèrement acidulée avec de l'acide sulfurique. Chaque verre contient deux de ces cloches, l'une d'oxygène, l'autre d'hydrogène, et dans chacune il y a une petite bande de platine qui en occupe à peu près toute la hauteur; quelquefois ces bandes sortent par le haut des cloches où elles sont hermétiquement scellées; dans d'autres cas, M. Grove introduit simplement ces bandes jusqu'au sommet des cloches, et il les replie au sortir de l'ouverture inférieure pour les faire sortir du liquide. La pile se compose en faisant communiquer, par exemple, la bande hydrogène du premier verre avec la bande oxygène du second; puis la bande hydrogène de celui-ci avec la bande oxygène du suivant, et ainsi de suite. Les deux bandes extrêmes appartiennent à des gaz différents; celle d'oxygène forme le *pôle positif* de la pile, et celle d'hydrogène le *pôle négatif*. Lorsque ces pôles sont mis en communication, ils constituent un courant d'une intensité remarquable.

MM. Brett et Little, de Londres, dont nous parlerons en décrivant leur système de télégraphe, ont imaginé en 1847 une batterie particulière qu'ils nomment *batterie hydraulique*. Nous traduisons d'un petit opuscule qu'ils

(1) L'élément de Daniell, qui a l'avantage de donner facilement des courants d'une intensité constante, se compose d'un cylindre creux de cuivre très-mince, lesté avec du sable et fermé de toutes parts; le fond intérieur est plat et le fond supérieur est conique; au-dessous de la base de celui-ci s'élève un rebord percé de plusieurs trous; ce cylindre s'engage dans une vessie qui vient se lier autour du rebord, mais au-dessus des trous. On verse sur le cône une dissolution saturée de sulfate de cuivre, qui tombe par les trous, et qui vient remplir tout l'espace compris entre la vessie et le cylindre; ensuite on met sur le même cône des fragments de sulfate de cuivre que l'on renouvelle à mesure qu'ils se dissolvent dans le liquide, qui doit toujours les baigner un peu; un manchon de zinc, qui est fondu sur la longueur pour élargir à volonté, est employé dans une dissolution de sulfate de zinc ou de chlorure de sodium contenu dans un vase de verre ou de faïence. On met le cylindre de cuivre dans le manchon de zinc, et les deux bandes de cuivre, soudées l'une au cylindre et l'autre au manchon, représentent les deux pôles de l'élément; dès qu'on établit entre elles une communication métallique, on obtient un courant d'une intensité constante, si cette communication reste la même.

La pile de Daniell se forme par l'union des éléments, soit en joignant les pôles de même nom pour avoir les quantités d'électricité plus considérables avec la même tension, soit en joignant les pôles de noms contraires, pour obtenir des tensions plus grandes avec la même quantité d'électricité (Pouillet, *Éléments de physique expérimentale*, 1847).

(2) *Bibliothèque universelle de Genève*, janvier 1850.

publièrent à Londres vers cette époque, la description de cette batterie et les considérations qui la précèdent :

« Lorsque deux métaux sont en contact avec un acide, il s'opère une décomposition chimique qui détruit un des métaux : cette action produit l'électricité galvanique dont la trace ou le courant se transmet instantanément à une distance quelconque au moyen d'un fil de fer ou de cuivre. Pour obtenir tous les avantages d'un courant électrique, il est nécessaire de maintenir une puissance ou un dégagement uniforme dans la batterie, ce qu'il est très-difficile sinon impossible d'accomplir en raison de la formation continuelle du sulfate de zinc sur les parois de ce métal, laquelle formation diminue continuellement la puissance et rend ainsi la conservation de l'uniformité délicate.

« La batterie de MM. Brett et Little se compose de trois auges, contrairement aux batteries ordinaires qui n'en ont qu'une; la partie supérieure ou réservoir contient l'acide destiné à tomber par petites quantités, en passant par des ouvertures en forme d'entonnoir, sur l'auge suivante qui contient la série des plaques métalliques. Les cellules qui reçoivent et qui séparent les plaques sont remplies avec du sable fin, que l'on maintient toujours à un degré de saturation, et le liquide corrompu contenant le sulfate de zinc (lequel se soutient dans la solution en vertu de sa propre pesanteur spécifique) parvient à atteindre l'auge inférieure en passant par des cônes en entonnoir analogues aux premiers et garnis de matières filtrantes. Il résulte de cette combinaison que le sulfate de zinc, n'étant plus combiné avec l'acide usé ou corrompu, permet d'obtenir une somme régulière de puissance en rapport d'ailleurs avec la quantité des plaques ou le degré de l'acide employé. »

Il y a une grande quantité de piles différentes dont les combinaisons sont dues aux recherches de physiciens distingués; nous ne pouvons les citer toutes, parce que d'une part elles servent plutôt comme étude des propriétés électriques que comme source des applications industrielles, et que de l'autre la nomenclature en serait véritablement trop longue; nous pensons avoir été suffisamment compris dans ce qui précède pour qu'il soit, nous l'espérons, inutile d'insister. Aussi terminerons-nous l'exposé des principes élémentaires en étudiant les propriétés de l'électro-aimant qui joue un si grand rôle dans les mouvements électriques.

M. Pouillet nous apprend que la propriété dont jouit le fer doux de *s'aimanter* presque subitement sous l'influence des forces magnétiques extérieures, et de se *désaimanter* de la même manière quand cette influence cesse, donne le moyen de faire des aimants passagers que l'on appelle *électro-aimants* quand les fluides y sont séparés par l'action du courant électrique.

Le plus simple des électro-aimants se compose : 1° d'une barre de fer doux, courbée en fer-à-cheval; 2° d'un fil couvert qui s'enroule d'abord sur l'une de ses branches et ensuite sur l'autre, en tournant sur celle-ci

dans le même sens que sur la première, afin que les deux extrémités du fer-à-cheval soient deux pôles de noms contraires; 3° d'une pièce de contact aussi en fer très-doux qui *est* attirée à l'instant où le courant passe, et qui *ne l'est* plus dès que le courant cesse de passer.

L'énergie de l'électro-aimant dépend des dimensions de la barre de fer et de celles du contact, de l'intensité du courant et du nombre des tours que fait le fil sur chaque branche.

Tous les électro-aimants sont construits d'après ce principe; seulement, au lieu de barres courbées en fer-à-cheval, il est plus commode, en général, d'employer des cylindres parallèles de fer doux, réunis par une traverse droite qui s'adapte à vis et qui remplace le coude du fer-à-cheval. C'est ainsi que se construisent tous les électro aimants de la télégraphie électrique, comme nous le verrons plus loin.

On a fait de nombreux essais pour employer comme force motrice cette puissance des électro-aimants à la fois si énergique et si facile à gouverner. M. Froment, que M. Pouillet appelle à juste titre l'un des plus habiles constructeurs de l'Europe en instruments de précision, compte parmi les premiers qui se sont occupés de ce problème et qui ont donné les solutions les plus ingénieuses et les plus variées; aussi sont-ce ses machines que nous allons décrire avec détails en renvoyant à la pl. 8e.

Auparavant nous nous occuperons, en suivant l'ordre des dates, des divers systèmes proposés.

C'est seulement vers 1840 (1) que les applications de l'électro-magnétisme furent tentées d'une manière régulière et suivie. On semblait profiter de toutes les découvertes du cabinet et du laboratoire pour en trouver des applications heureuses et nouvelles ayant surtout rapport aux machines motrices.

MM. Patterson présentaient vers cette époque à l'Académie des Sciences une machine qui, selon leurs prévisions, devait mettre en jeu une presse mécanique destinée à l'impression d'un journal hebdomadaire. C'était beaucoup espérer de prime abord, surtout à ce moment où les applications industrielles du magnétisme étaient encore restreintes et obscures.

Le principe d'action de la machine, disent les auteurs dans leur note, est puisé dans la propriété que possède un faisceau de lames de fer doux recouvert d'une hélice de fil de cuivre convenablement isolé, de recevoir et de perdre dans des temps très-courts le pouvoir magnétique.

Des morceaux de fer doux sont placés à des intervalles égaux sur la circonférence d'une roue; ils passent, pendant la rotation de la roue, tour à tour devant deux aimants électro-magnétiques. Les fils destinés à établir les courants sont liés à un mécanisme simple qui permet au courant élec-

(1) M. Devenport, à New-York; Jacobi, en Prusse et Davidson en Écosse, firent et essayèrent un peu plus tard, des moteurs électro-magnétiques sur des dimensions considérables. Jacobi fit marcher un petit bateau sur la Néva en 1839. Devenport utilisait d'assez bonnes machines à New-York en 1840.

trique de s'établir au moment où le morceau de fer doux va arriver en présence de l'aimant ; lorsque le rapprochement est le plus complet, le courant est supprimé tout à coup. La roue continue de tourner par la vitesse acquise ; le courant n'est rétabli que lorsque plus de la moitié de l'espace qui sépare les morceaux de fer doux a été parcourue. L'attraction, en commençant à volonté tantôt un peu avant, tantôt un peu après ce point milieu, détermine et règle le sens dans lequel la roue continue de marcher. Il suffit donc, pendant l'action, de déplacer d'une petite quantité l'appareil qui sert à établir et à supprimer la communication pour donner à la machine des mouvements inverses.

La machine est arrêtée et fixée en laissant le courant agir d'une manière continue. La suppression complète du courant remet la roue dans un état parfait de liberté.

La puissance électrique de cette machine est empruntée à une pile composée de zinc amalgamé avec du mercure et des feuilles de plaqué d'argent recouvertes de platine par précipitation. Des feuilles de tôle de fer recouvertes également par une précipitation de platine, peuvent avec avantage remplacer le plaqué d'argent. Ces éléments sont plongés dans de l'eau acidulée avec l'acide sulfurique dans la proportion de neuf parties d'eau et une partie d'acide (1).

M. Taylor, de New-York, imaginait aussi vers la même époque une machine du même genre, se mouvant par la seule force attractive sans changement de polarité. La machine se compose d'une roue en bois placée dans une position verticale et munie de sept morceaux de fer forgé doux, ou armatures, fixés à des intervalles égaux sur sa circonférence. Quatre aimants électriques de mêmes formes et dimensions sont fixés sur le bâtis dans lequel tourne la roue, de telle sorte que les armatures puissent passer devant eux sans les toucher ; ils sont entourés d'une hélice de fil de cuivre aboutissant à une pile galvanique. Un disque composé alternativement d'anneaux de cuivre et d'ivoire juxtaposés et en nombre égal à celui des armatures est monté sur l'essieu de la roue et tourne avec elle. Quatre tiges de cuivre coudées sont réunies chacune avec l'un des bouts des fils à l'un des pôles des aimants électriques, l'autre bout de ces fils étant attaché à l'un des pôles de la batterie. L'intervalle entre chacune de ces tiges mobiles sur des axes et s'appuyant constamment sur les anneaux du disque est tellement réglé, que le marteau touche l'anneau de cuivre quand l'aimant auquel il est attaché est vis-à-vis de l'armature correspondante ; et lorsque le centre de cette armature est vis-à-vis le centre de l'aimant, son marteau s'appuie sur l'anneau d'ivoire, alors le courant est interrompu et l'armature passe librement pendant qu'un autre anneau de cuivre vient se placer sous un autre marteau et charge l'aimant suivant, et ainsi successivement.

(1) *Académie des sciences*, 1840.

La puissance de cette machine était très-faible. Elle actionnait un petit tour (1).

Le principe de cette même machine fut repris et étudié en 1842 par M. Davidson, qui y apporta divers perfectionnements remarquables. Il en fit l'application à une locomotive roulant sur le chemin de fer entre Glasgow et Édimbourg et qui parcourut un petit trajet avec une vitesse de deux lieues à l'heure.

La locomotive était montée sur quatre roues d'un mètre de diamètre et traînait un poids de six tonnes (2).

Dans la même année 1840, M. Rémond prit un brevet de cinq ans sous le titre peut-être un peu pompeux de : Machine électro-magnétique remplaçant la vapeur dans tous ses effets et usages, et pile galvanique, dont l'effet est rendu continu par les liquides employés.

M. Robertson prit aussi, le 27 avril de la même année, un brevet de quinze ans qui, par conséquent, n'expirera qu'en 1855 pour une machine électro-magnétique.

Il en est de même de MM. Peyron, professeur de physique à Marseille, et Bréguet fils, horloger qui, le 30 novembre 1840, prenaient également un brevet de quinze ans, posant en principe la nécessité d'économiser les dépenses dans l'usage des piles et les moyens d'atteindre ce but en communiquant le pouvoir magnétique de l'un à l'autre des aimants sans les mettre tous en contact avec les courants de la pile, c'est-à-dire en changeant simplement l'un de ces aimants considéré comme réservoir du fluide et en se servant de ce même aimant pour garnir les quatre, cinq ou six autres suivants. La machine motrice devait fonctionner alors avec une puissance sensiblement la même qu'avec les principes ordinaires et économiser assez les dépenses pour rendre un tel procédé manufacturier.

Pendant que ces essais se produisaient en France, M. Elijah-Paine de New-York tentait d'utiliser les propriétés galvaniques à la marche des bateaux en établissant avec les mécanismes connus un appareil à balanciers susceptible, suivant l'auteur, de donner un mouvement uniforme et continu sans le secours de la vapeur.

La machine qu'il proposait et qu'il faisait breveter en France dès 1849, a été parfaitement étudiée au point de vue de la construction. Elle se composait d'un balancier portant à chacune de ses extrémités deux tringles ou bielles garnies d'une tige pleine ou piston, que le fluide magnétique distribué dans une hélice métallique devait attirer à tour de rôle par l'interruption et la reproduction des courants. Une troisième tige fixée en l'un des points du balancier communiquait le mouvement à la manivelle de l'arbre moteur, et celui-ci portait vers une de ses extrémités un manchon garni de lames d'argent pour le changement des courants. Ces lames, placées d'une

(1) *Mechanic's magazine*, mai 1840.
(2) *Civil engineer's journal*, octobre 1842.

manière intermittente, communiquaient directement avec d'autres lames de même matière transmettant le pouvoir en temps utile.

M. De Bergue, qu'on trouve toujours au premier rang lorsqu'il s'agit d'inventions utiles et nouvelles, a tiré parti aussi d'un principe physique pour l'appliquer à une machine motrice. C'est pour l'utilisation de l'action déflective des aimants qu'il prit, le 22 mai 1842, un brevet d'invention de dix ans.

M. Armstrong, dont le nom est aussi bien connu, fit dès 1841 des expériences au sujet de l'électricité développée par un jet de vapeur; vers la fin de 1843, il publiait dans un journal le principe d'une machine basée sur cette propriété, et dont nous allons décrire la disposition.

L'appareil se composait d'une petite chaudière isolée par le moyen de supports en verre. Deux tubes partant du sommet de cette chaudière débouchent dans un tuyau horizontal d'où partent quarante-six tuyaux courbes terminés par des obturateurs en bois percés de trous d'un millimètre de diamètre par où s'échappe la vapeur à haute pression mêlée d'une forte proportion d'eau condensée. Cette vapeur se rend dans un conducteur formé de quatre rangées de pointes de cuivre renfermées dans une boîte de zinc. L'étincelle électrique dégagée est remarquable par son abondance et son grand volume; on en a obtenu qui avaient jusqu'à $0^m 55$ de longueur, et qui ont enflammé des copeaux de bois avec une extrême rapidité (1). Cette machine porte le nom, comme toutes celles servant au même usage, c'est-à-dire à la production de l'électricité, de machine magnéto-électrique; il ne faut pas les confondre avec les moteurs électriques.

Nous venons d'examiner une machine *hydro-électrique*. C'est maintenant d'une machine *aéro-électrique* qu'il s'agit. Elle est due à M. Bally, docteur en médecine, qui en prit brevet le 18 octobre 1844.

Elle se compose d'un cylindre dans lequel se meut à frottement un piston. Ce cylindre est terminé par deux demi-sphères creuses. A côté de ce cylindre sont deux verges de cuivre, isolées, terminées par des boules et fixées par une tige métallique à celle du piston. Dans chacune des demi-sphères, on introduit une tige terminée intérieurement par une pointe, et qui, se plongeant à l'extérieur du côté des verges isolées, est terminée par une boule.

D'un côté opposé à celui de l'entrée de ces tiges dans les demi-sphères, on pratique deux ouvertures qui sont en communication avec un réservoir d'air, alimenté par une pompe foulante. A côté des verges isolées sont deux batteries électriques qui transmettent le fluide à ces verges.

L'air étant comprimé dans le réservoir, il pénètre dans les demi-sphères; il en résulte que la pression est égale au-dessus et au-dessous du piston; mais si on fait décharger une des batteries électriques sur une des verges isolées, celle-ci communiquera par influence le fluide à la boule qui ter-

(1) *Civil engineer's journal*, 1843.

mine la tige d'une des demi-sphères; l'étincelle éclatant alors dans cette demi-sphère, provoquera une explosion qui fera marcher le cylindre; de plus, ce mouvement se communique à la verge des tiges isolées, et on pourra, par ce mouvement alternatif, communiquer successivement à ces verges et à leurs boules le fluide électrique, et provoquer successivement une expansion au-dessus et au-dessous du piston; c'est là le principe de l'invention.

M. Page, de Washington, qui prit brevet en France et patente en Angleterre, quoiqu'il eût publié son invention plusieurs années auparavant, est aussi l'auteur d'une machine qui a fait un certain bruit. Son principe repose sur celui du docteur Faraday, à savoir que l'électricité se développe dans les corps conducteurs, quand ces derniers sont mus, selon une certaine direction, dans le voisinage d'aimants permanents. Cette machine ou pile sert donc à établir un courant permanent capable d'accomplir toutes les expériences faites ordinairement au moyen de la batterie galvanique; c'est aussi une machine magnéto-électrique.

Au commencement de 1848, M. Maignon de Roques se fit breveter pour un moteur voltaïque à pistons, dans lequel on remarque un rapprochement très-sensible avec nos moteurs alimentés par la vapeur. Une batterie remplace ici ce système de génération de puissance; mais des pistons disposés à angle droit sur un arbre unique accomplissent, comme sur une locomotive, la transmission de la force électro-magnétique, de sorte que rien n'est changé dans le mécanisme.

Le 5 mai 1849, M. S'Oren-Hjorth, professeur à Copenhague, prit en France un brevet de quinze ans, comme précédemment il avait pris une patente en Angleterre, pour des perfectionnements dans l'emploi et l'application de l'électro-magnétisme comme force motrice.

L'auteur propose à cet effet une machine établie exactement comme les machines à vapeur ordinaires. Bâtis, volant, manivelle, régulateur centrifuge, rien n'y manque que le cylindre et son piston qui est remplacé par un appareil magnétique. Cet appareil se compose d'un double système d'aimant creux (*cylindre*), de la forme d'un fer-à-cheval, conique intérieurement, recouvert de fils de cuivre et fixé par une armature avec tourillons mobiles dans des paliers garnis de coussinets. Dans l'intérieur de cet aimant sont placées des broches qui y sont fixées à demeure. Un autre double système d'aimant (*piston*), composé aussi d'un fer-à-cheval avec trous coniques correspondant aux broches de l'aimant précédent, se meut dans celui-ci en suivant une tringle conductrice verticale et transmet son mouvement par une manivelle aux deux extrémités d'un arbre de couche qui donne à son tour le mouvement à un système de *tiroir*, appelé gouverneur, communicateur ou changeur, en raison de ses fonctions qui sont en effet de diriger le courant dans le sens nécessaire.

Un modérateur à boules règle l'approvisionnement du courant, comme un volant régularise le mouvement général.

Le courant galvanique est introduit par le moyen du communicateur aux hélices de fil qui entourent le premier système d'aimants et de là aux autres systèmes; aussitôt que le fluide électrique de la batterie passe autour des aimants, ils exercent mutuellement leur puissance attractive, non-seulement d'après les lois ordinaires, mais aussi en raison de leur construction qui est combinée de manière que l'intérieur de l'aimant extérieur (premier système), ainsi que l'extérieur de celui intérieur (deuxième système), forment des angles avec la ligne décrite par l'aimant dans son mouvement. Les broches fixées dans celui-ci étant de différentes longueurs, présentent leur extrémité aux pôles de l'aimant, de manière à maintenir la force attractive dans toute la longueur de la course en agissant des pointes les plus longues sur les plus courtes, et réciproquement.

Lorsque la course entière du piston est effectuée d'un côté, c'est-à-dire que le mouvement est imprimé à une des manivelles qui garnissent l'arbre moteur, le courant est changé, puis distribué à l'autre côté qui reçoit à son tour la force attractive lorsque le courant passe par les fils de ses hélices. On obvie à la force d'inertie des aimants à l'aide de la coulisse du communicateur.

Le mouvement d'une telle machine ressemble à celui d'une machine oscillante par la base; on pourrait la disposer, dit l'auteur, pour faire marcher une locomotive ou des bateaux sans rien changer au principe.

M. Page, que nous avons déjà cité et dont le nom est si connu en Europe et en Amérique pour ses découvertes de physique appliquée, prit aussi, le 9 septembre 1850, un brevet en France pour un système de machine motrice dit hydro-magnétique, qui est aussi très-ingénieux.

Le principe de cette machine est celui de l'attraction électro-magnétique chargé par intermittence d'une série d'aimants creux agissant l'un après l'autre sur un piston aimant se mouvant dans leur intérieur en ligne directe, mais à volonté, verticale, horizontale ou circulaire.

Les aimants creux sont entourés de fils de cuivre d'une longueur approximative de 1500 mètres pour chaque bobine; elles sont fixées horizontalement sur une cage convenable, et un piston ou cylindre de fer peut se mouvoir librement à l'intérieur des bobines, aussi bien en avant qu'en arrière, en vertu de l'attraction. La tige du piston étant liée à une double manivelle, actionne un arbre de couche qui peut être celui d'une machine fixe comme d'une locomotive ou d'une machine marine.

Le piston de la machine de M. Page peut être parfaitement comparé au piston d'une machine à vapeur; seulement il n'y a pas besoin de couvercle ni de boîte à étoupes. Aux expériences qui ont été faites à New-York, on s'est servi d'une batterie de Grove et de 40 éléments, avec plaques de 25 centimètres. La force, essayée au frein, était de 8 chevaux-vapeur (1). Ce résultat paraît immense, si l'on considère les dimensions de la batterie;

(1) *Scientific american*, novembre 1854.

aussi fait-il espérer que les machines électro-magnétiques pourront un jour entrer en concurrence avec les moteurs à vapeur, si complétement étudiés et simplifiés partout. Au moins est-ce notre avis pour les appareils d'une faible puissance et surtout pour les localités restreintes.

DESCRIPTION DES MACHINES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES DE M. FROMENT, REPRÉSENTÉES PL. 8.

Ces machines sont établies dans des conditions tout à fait pratiques ; elles sont capables de transmettre des efforts de plusieurs chevaux, et par conséquent sont susceptibles d'être utilisées dans une foule de petites industries. Celles que nous allons décrire actionnent les ateliers de précision de M. Froment ; elles diffèrent quelque peu dans leur combinaison, leur force et leur construction ; nous commencerons par étudier celle qui fournit la plus grande puissance.

MACHINE ÉLECTRO-MOTRICE CIRCULAIRE.

Elle est représentée en élévation extérieure fig. 1re ; en coupe transversale suivant l'axe ou la ligne 1-2, fig. 2, et en coupe verticale parallèle à la première, fig. 3, et se compose d'un tambour garni de barreaux métalliques régulièrement espacés et monté sur un axe central servant d'arbre moteur. Autour de ce tambour sont rangées, dans un châssis en fonte formant bâtis, des séries d'électro-aimants en quantité proportionnelle avec la puissance qu'on désire obtenir, mais de manière pourtant que leur position autour de la circonférence ne coïncide pas avec celles des touches ou barreaux. Les électro-aimants sont mis en contact avec le fluide, d'une manière intermittente, par un distributeur particulier qui forme réellement la partie délicate de l'appareil, de sorte que les barreaux attirés successivement par les aimants, qui perdent et reprennent aussi successivement leurs propriétés magnétiques pour ne pas devenir des obstacles à la marche continue, les barreaux, disons-nous, se déplacent, suivant une circonférence et font par suite tourner l'axe-moteur avec une vitesse assez considérable. Il est presque inutile d'observer que le distributeur est monté sur l'axe-moteur même et qu'il fonctionne dans des conditions exactement relatives à sa vitesse. Comme ce distributeur est la clé du moteur, nous en donnons d'abord la description complète.

DISTRIBUTEUR ÉLECTRIQUE. — Les fig. 4 et 5 en représentent l'ensemble à une échelle de 1/5, suivant une vue extérieure (fig. 4), et une coupe verticale suivant la ligne 3-4 (fig. 5).

Il se compose d'une roue B montée sur l'arbre A du moteur. Cette roue, qui est en bronze, porte autour de sa circonférence une série régulière de 22 dents *n* dont les creux *n'* sont remplis d'une matière isolante comme l'ivoire, au contraire de l'extrémité des dents qui est recouverte d'une

feuille de platine. On sait que ce métal est inoxydable à l'air et que, par conséquent, il est toujours bon conducteur de l'électricité. La roue B est fondue avec une collerette b' formant comme une seconde roue beaucoup plus petite que la première et recouverte comme les dents de celle-ci d'une lame de platine pour la bonne transmission du fluide.

La roue B n'est pas montée directement sur l'arbre moteur, mais bien sur une douille ou manche d'ivoire a, qu'on distingue parfaitement sur la fig. 5. De cette manière, la grande roue est entièrement isolée et garde l'électricité qu'elle reçoit de la pile ou batterie galvanique, pour ne la distribuer qu'en temps utile ainsi que nous allons le reconnaître.

Le galet c, constamment en contact avec la collerette b', sert à transmettre au distributeur B le fluide électrique d'une manière permanente, mais celui-ci qui se trouve en contact, par sa circonférence, avec quatre autres galets d, d', d^2, d^3, garnis de platine, ne transmet la même électricité que d'une manière intermittente, en raison des rangées alternées d'ivoire et de métal. Or, les quatre galets en question communiquant avec les bobines motrices sont donc remplis, puis privés aussi alternativement de l'agent moteur, elles deviennent donc aptes à donner successivement le mouvement aux barreaux d'acier et à provoquer par suite la continuité du mouvement circulaire.

Tout le mécanisme distributeur est enfermé dans un tambour en bronze k qui le garantit suffisamment des accidents. Néanmoins comme il pourrait arriver qu'on eût besoin de changer les conditions de la distribution pendant ou après la marche de l'appareil, on a rapporté à l'intérieur de ce tambour, dont la face extérieure est recouverte par une glace j, un mécanisme qui a pour but de replacer les galets dans leur état normal ou de donner à ceux-ci une *avance* analogue à celle des tiroirs à vapeur. C'est simplement une petite roue e montée sur la tige à bouton f (fig. 2), et communiquant le mouvement à la roue g (fig. 4 et 5), qui à son tour le transmet à un pignon h et à une crémaillère circulaire i, agissant sur le disque à galets.

RÉCEPTEUR ÉLECTRIQUE. — L'appareil est formé de huit rangées d'aimants intermittents C, C', C², C³, communiquant chacun avec six bobines D, D', D², D³, détaillées fig. 6 et 7; mais, en définitive, ils ne représentent réellement que quatre aimants, parce qu'agissant deux à deux et suivant des diamètres, ils peuvent être considérés par paire, c'est ce qui explique pourquoi la roue B n'est entourée que de quatre galets. Cette disposition est très-importante; car outre qu'elle simplifie le mécanisme, elle équilibre convenablement la pression sur les coussinets de l'arbre moteur; sans cette précaution ils seraient bientôt détériorés par un tirage inégal. Une sorte de cage à nervures E, fondue avec pieds à la base, sert de bâtis à ces bobines, et à l'intérieur se meut librement avec l'arbre A, la couronne F, entourée par les touches G dont le déplacement détermine le mouvement circulaire. La disposition et le poids de cette couronne dis-

pensent de munir l'appareil d'un volant régulateur; une poulie H transmet le mouvement aux outils ou appareils à faire mouvoir.

MARCHE ET TRANSMISSION DU FLUIDE. — La force motrice peut être transmise par une pile quelconque. On doit choisir évidemment la plus simple, la plus énergique et la plus économique; mais, dans tous les cas, le fluide qu'elle produit se répand toujours dans les mêmes conditions et suivant une marche que nous allons essayer de rendre claire à l'aide des figures élémentaires 8 à 11 et des figures d'ensemble.

Le fil positif de la pile se fixe au fil *p* du moteur et se rend au distributeur par le galet *b'*; le fil négatif de la même pile étant lié avec le fil *p'* (fig. 1re), le courant électrique s'établit et actionne immédiatement la roue à barreaux en parcourant le circuit que nous allons indiquer. Supposons que ce soit le galet *d* qui le premier recevra et transmettra le courant, le fluide suivant le fil *q* (fig. 8), s'enroule sur les aimants D, revient suivant le fil *r* et le demi-cercle *s* pour passer par le deuxième fil *t* et les spires de la bobine opposée, et enfin revenir par le fil *u* sur le cercle entier L, qui étant constamment en contact avec le fil *p'* ou le pôle négatif de la pile, termine définitivement la marche du courant. On peut suivre cette marche aussi bien sur les figures d'ensemble que sur la fig. 8, mais nous ferons remarquer que ces dispositions de fils étant insignifiantes, puisqu'elles peuvent affecter les formes les plus bizarres et les plus étendues, nous ne voulons en faire comprendre que le principe, et que les figures élémentaires sont disposées à cet effet. Au moment où le fluide garnit tout le parcours que nous avons indiqué, et nous savons que cette action est instantanée, les deux barreaux G, G', pris pour types, s'approchent des bobines et font tourner l'arbre moteur instantanément; mais si l'on se rappelle que l'action des galets distributeurs est continue, on concevra de même la continuité du moteur et sa régularité.

La fig. 9 indique, d'ailleurs, la deuxième position du barreau G, qui ayant continué sa marche rotative, se présente successivement à l'attraction des bobines et toujours suivant deux rangées à la fois, rangées placées comme nous l'avons dit dans des positions diamétralement opposées.

Comme dans la figure précédente, on reconnaît que le fluide mis en communication avec la pile par les mêmes fils *p* et *p'*, se transmet au galet *d'* par le distributeur B, d'où suivant sa marche il circule autour des bobines D', longe le fil *r'*, le demi-cercle *s'*, pour repasser enfin au fil *t'* du deuxième rang de bobines et revenir au cercle L par le fil *u'*.

En examinant les fig. 10 et 11 qui représentent la marche du fluide par les galets d^2 et d^3, on reconnaît une similitude complète dans les opérations; c'est pourquoi les mêmes lettres ont été affectées aux fils analogues avec la seule différence de l'exposant. Il ne faut pas perdre de vue qu'à mesure qu'une série est mise en communication avec la pile, la série qui vient d'opérer est immédiatement rendue impuissante par le contact de la touche d'ivoire qui intercepte tout courant, et que c'est justement

cette condition qui donne à la fois au moteur la puissance et la régularité.

Une machine semblable existe dans la collection des modèles du Conservatoire des Arts et Métiers.

ÉLECTRO-MOTEUR ÉPICYCLOIDAL.

(FIG. 12 à 21, PL. 8.)

Basé sur un principe opposé au précédent, l'appareil épicycloïdal en diffère notablement par la disposition qui est véritablement ingénieuse, et qui fait de ce moteur un instrument commode, facilement transportable et pouvant se régler à volonté. Ses dimensions sont petites, mais il est susceptible néanmoins (et peut-être justement à canse de son exiguité, 40 centimètres de haut) de rendre de grands services aux industries qui nécessitent une force motrice instantanée et régulière.

Les fig. 12 et 13 représentent un tel appareil à l'échelle de 1/5e (1), envisagé fig. 12, suivant une vue extérieure de face, et fig. 13, suivant une vue latérale dont la partie supérieure est coupée suivant l'axe moteur.

Les fig. 14 et 15 représentent les vues de face et de côté du distributeur, qui reste toujours la partie importante et délicate de l'appareil, et que, pour cette raison, nous avons figuré à une échelle double, ainsi que la plupart des détails désignés par les fig. 16 à 21.

Le moteur proprement dit se compose d'une série d'électro-aimants disposés circulairement autour d'un axe, et casés chacun dans les compartiments d'un double cercle en bronze qui les entoure complétement de chaque côté de leur base. A l'intérieur du plus petit cercle, qui est parfaitement alésé, roule un autre cercle de bronze armé de barres en fer doux, entaillées à fleur et destinées à subir l'attraction des bobines.

Ce cercle, qui est un peu plus petit que celui dans lequel il tourne, est solidaire avec l'axe central au moyen d'une petite manivelle combinée de telle sorte que sa longueur, ajoutée au rayon du cercle mobile, donne exactement le rayon du cercle attracteur. Il résulte de cette disposition que lorsqu'un aimant a attiré cette touche, la manivelle et le petit cercle, qui remplit alors l'office d'une bielle, sont tous deux en ligne droite. Dans cette position l'aimant n'a plus d'action, et c'est au tour de l'aimant voisin d'attirer la touche qui vient après la première et qu'une très-petite distance sépare. Cette seconde touche se trouve donc attirée, et la bielle n'étant plus dans le prolongement de la petite manivelle obéit au mouvement d'attraction, tire sur cette dernière qu'elle redresse et fait faire à l'arbre un premier mouvement de rotation égal à 1/12e de tour dans l'appareil qui nous occupe, mais qui peut varier, comme on le conçoit, suivant le nombre des bobines.

(1) L'échelle de ce nouveau moteur n'est pas absolue, car on peut établir de ces appareils sur des dimensions sensiblement plus grandes et produire par suite des moteurs beaucoup plus puissants; nous faisons cette observation d'autant plus volontiers, que nous pensons avec l'auteur que le principe de la machine est justement applicable à la production de puissances plus énergiques.

Chaque fois que la manivelle est sollicitée par l'un des électro-aimants, le courant est interrompu dans les autres ou dans une partie des autres, comme nous allons le reconnaître, de sorte que cette manivelle, attirée régulièrement suivant des rayons convergeant à un centre unique, détermine un mouvement de rotation très-rapide s'élevant, dans l'appareil que nous avons représenté, à 2000 tours environ par minute. Le cercle des touches roulant régulièrement dans un autre cercle de plus grand diamètre, décrit ainsi des courbes très-régulières, qu'on connaît en géométrie sous le nom *d'épycloïdes*.

Distributeur. — Comme la machine électrique qui nous occupe présente plus d'un point de ressemblance avec la précédente, nous ne répéterons pas ce que nous avons dit pour expliquer les principes nouveaux qui régissent ces intéressants moteurs; nous constaterons seulement les différences.

Le distributeur (fig. 14 et 15) se compose d'un arbre B′, qui est aussi l'axe moteur de tout le système, et qui reçoit à cet effet une poulie de commande H′ (fig. 13). Cet arbre porte une came R qui vient toucher successivement les pointes d^4, qui distribuent le fluide magnétique. Or, ces pointes ou barrettes sont montées chacune sur un axe métallique n^2, isolé par une douille d'ivoire a^2 (voyez le détail dessiné en coupe, de grandeur naturelle, fig. 16) et portant à une de ses extrémités le fil q^4 qui sert au changement des bobines. Comme ces axes sont isolés, ils ne peuvent jamais mêler leur puissance; et comme, d'un autre côté, la came ne touche les pointes des barrettes que les unes après les autres, le fluide ne se répand ou ne s'interrompt que successivement, et par suite le mouvement se répand de proche en proche suivant une direction circulaire, ainsi que l'indique bien le tracé géométrique fig. 21. Ce tracé représente le mouvement pour quelques positions de la manivelle, et fait voir que les arcs décrits par chacun des rayons du petit cercle ne se confondent pas avec le cercle même de la couronne intérieure. Nous avons désigné par x les centres successifs du cercle mobile et par z le centre de l'arbre moteur.

Récepteur. — Les bobines D^4 et leurs aimants C^4, sont logés, suivant une double rangée (fig. 17), dans des cases ou compartiments fondus avec le grand cercle fixe E^2. Chacun de ces appareils y est retenu par trois vis; ce cercle lui-même servant de bâtis est monté sur un socle M, se prolongeant en arrière pour recevoir le distributeur et son support N. Le mouvement est transmis à l'arbre moteur par un plateau O (fig. 20), formant la manivelle dont il a été question, et qu'une goupille retient suffisamment pour empêcher tout glissement. Le bouton i' de cette manivelle traverse aussi la roue mobile F′, rayonnée de 11 bras y, dans le prolongement desquels sont placées les touches ou barreaux en fer doux G′, et comme on pouvait, avec juste raison, craindre une irrégularité de mouvement due au poids de la manivelle, on a placé vers le milieu de l'arbre un poids compensateur P qui s'y fixe au moyen d'une douille à vis buttante.

MARCHE DU FLUIDE. — Les deux pôles de la pile s'attachent aux points pp' des boutons v (fig. 18 et 19); le positif en p et le négatif en p' (fig. 12), et le fluide se répand par le fil p en traversant le support et les tourillons de l'arbre B' pour alimenter constamment la came R, transmettant le pouvoir aux barrettes et aux bobines comme nous l'avons reconnu. Après avoir traversé les fils qui garnissent ces bobines, il se répand sur un cercle en bronze L', qui communique au pôle négatif de la pile, ce qui complète un circuit entier.

Nous terminons cette description des moteurs électro-magnétiques par quelques considérations présentées dernièrement à l'Académie des Sciences par M.-A. Dumont, et résultant d'expériences faites antérieurement.

L'auteur énonce ainsi ces considérations :

1° La force électro-magnétique, sans pouvoir, dès à présent, être comparée, dans la production des grandes puissances, à la force de la vapeur, soit au point de vue de la valeur absolue de la force, soit au point de vue de la dépense, peut cependant, dans certaines circonstances, être utilement et pratiquement employée;

2° Si, dans la production des grandes puissances, la force électro-magnétique est bien inférieure à celle de la vapeur, elle lui devient égale et peut-être même supérieure dans la production des petites forces, qui peuvent ainsi se subdiviser, se varier et s'introduire dans les industries ou les métiers disposant de faibles capitaux, industries et métiers où la valeur absolue de la puissance mécanique est moins essentielle que la facilité de produire instantanément et à volonté cette puissance même;

3° A ce point de vue, la force électro-magnétique vient, pour ainsi dire, compléter l'emploi de la vapeur, au lieu d'engager avec elle une lutte impossible.

C'est ainsi, par exemple, qu'on espère gravir des rampes très-prononcées sur les chemins de fer, ou traîner, dans certains cas, des charges plus considérables en appliquant l'électro-magnétisme pour augmenter l'adhérence des roues de la locomotive sur les rails.

Nous rendrons compte des expériences qui doivent bientôt se faire à ce sujet sur le chemin de fer de Paris à Lyon.

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

SYSTÈME DE TÉLÉGRAPHE ÉCRIVANT LES DÉPÊCHES,

Par M. FROMENT,
Fabricant d'instruments de précision, à Paris.

(PLANCHE 9.)

Sans remonter à l'origine de la télégraphie ordinaire, puisque nous n'entendons parler que du système électrique, nous dirons cependant que l'idée première de communiquer et de transmettre la pensée au moyen de signaux, remonte à la fin du XVII[e] siècle et paraît due au physicien français Guillaume Amontons.

Il y a loin de la découverte de ce physicien avec la mise en pratique tentée avec tant de succès par Chappe un siècle plus tard, mais l'idée en elle-même n'a pas changé et s'est seulement perfectionnée pour devenir le système que nous connaissons et qui va bientôt lui-même être remplacé partout par l'application de l'électricité.

On s'accorde assez généralement à attribuer à Lesage, physicien habile, qui a laissé des travaux estimés, la première idée réalisée d'un télégraphe électrique. Ce télégraphe fut établi à Genève en 1774.

Lomond et Bétancourt, en 1787, construisirent aussi, l'un à Paris et l'autre en Espagne, des appareils de télégraphie électrique, et enfin Salva, médecin espagnol, présenta à l'Académie des sciences, en 1796, un mémoire sur l'application de l'électricité à la production des signaux et fit fonctionner convenablement les appareils qu'il construisit; mais, comme nous l'avons observé dans notre article précédent, ce ne fut qu'après la découverte de l'électro-magnétisme que les applications de ce genre furent certaines, car l'électricité statique qu'on avait employée jusque-là ne pouvait servir sérieusement à un appareil pratique.

En 1794, Reiser ou Reisen se servit de l'étincelle électrique dans le but

de former un télégraphe. Il proposait d'éclairer à distance, au moyen d'une décharge électrique, les diverses lettres de l'alphabet que l'on aurait découpées d'avance sur des carreaux de verre recouverts de bandes d'étain. L'étincelle devait se transmettre par vingt-quatre fils correspondant aux vingt-quatre lettres; on aurait isolé les fils en les enfermant sur tout leur parcours dans des tubes de verre.

Le système d'écriture proposé est très-original, nous l'avons indiqué sur la fig. 4. Chaque lettre est figurée par des morceaux d'étain, passant de gauche à droite et de droite à gauche alternativement sur un espace de 3 à 4 centimètres quarrés environ. Les parties de l'étain sont découpées de manière à représenter une lettre particulière. Ainsi la lettre A est représentée par les portions de l'étain qui sont enlevées, et les portions restantes servent de conducteurs; *a* et *b* sont les pôles positif et négatif. Si on lance une étincelle sur les fils appartenant à la lettre A, cette lettre se présentera aussitôt sous une forme brillante et lumineuse, parce que cette étincelle se voit simultanément à toutes les interruptions qui forment la lettre.

En 1795, Cavallo proposait, dans son *Traité de l'électricité*, d'employer, pour transmettre un signal, l'inflammation de plusieurs substances combustibles ou détonantes et d'appeler l'attention du correspondant par l'explosion d'une bouteille de Leyde (1).

Le fait que la décomposition de l'eau peut être produite avec certitude et instantanéité, non-seulement à de courtes, mais encore à de longues distances de la pile voltaïque, et que la décomposition peut être maintenue pendant longtemps, suggéra à Sœmmering, en 1809, d'autres disent en 1811, un plan complet de télégraphe basé sur ce principe. C'est la première solution complète du problème de la transmission des dépêches au moyen de l'électricité.

Sur le fond d'un vase de verre reposant sur un pied, le physicien bavarois, Samuel-Thomas Sœmmering, fixa trente-cinq pointes d'or, que l'on désigna par les vingt-cinq lettres de l'alphabet et les dix chiffres. Chacune de ces trente-cinq pointes se prolongeait suivant un conducteur en cuivre terminé par un petit cylindre en laiton : au milieu du petit cylindre se trouvait une rainure destinée à recevoir un petit crochet auquel pouvaient se fixer les fils qui devaient unir la pointe correspondante avec le pôle positif ou négatif de la pile. Les trente-cinq cylindres étaient fixés, comme les pointes d'or du vase, sur un support particulier, de telle sorte que les deux extrémités de chacun des deux conducteurs correspondaient à la même lettre ou au même chiffre.

Si, alors, a on mettait l'appareil dans le circuit d'une pile électrique, on voyait aussitôt des bulles de gaz apparaître aux deux points correspondant aux deux petits cylindres qui portaient les fils conducteurs de la pile, c'est-à-dire qu'il se formait de l'hydrogène à l'une des pointes et

(1) Cavallo, *Traité de l'électricité*, page 285, 3e vol.

de l'oxygène à l'autre. On pouvait donc désigner à distance toutes les lettres que l'on voulait.

Sœmmering isolait les trente-cinq fils en les recouvrant de soie; il enduisait de vernis le faisceau qui résultait de leur ensemble. Le fluide électrique les traversait sans la moindre difficulté. La pile employée était la pile à colonnes de Volta, formée de dix plaques d'argent et de dix plaques de zinc. Coxe, professeur à Philadelphie, et Schweigger, proposèrent des perfectionnements à ce système, le premier en 1811, le deuxième en 1838.

Ronald imagina en 1816 (1) un système de télégraphie ingénieux et complet reposant encore, malgré les récentes découvertes, sur l'emploi de l'électricité statique. Nous nous bornerons à dire que ce système avait pour caractère essentiel la rotation d'un disque mobile à ouvertures, lesquelles indiquaient les différentes lettres de l'alphabet suivant le mouvement de deux électromètres placés aux deux extrémités du circuit.

C'est vers cette époque que les brillantes découvertes d'Œrsted et d'Arago (la déviation de l'aiguille aimantée par la pile et l'aimantation temporaire du fer doux par le même moyen) fondèrent définitivement les principes essentiels de la télégraphie électrique moderne.

Entre ces deux découvertes et pour utiliser seulement la première, Alexander, d'Édimbourg, proposa un système de télégraphe qui ne fut exécuté et montré en public que vers 1837. Le principal inconvénient de ce système était la nécessité d'employer un grand nombre de fils métalliques correspondant chacun à une lettre de l'alphabet ou à quelques signes.

Nous n'irons pas plus loin dans l'énumération des découvertes télégraphiques avant d'avoir décrit l'effet mécanique et chimique qui se produit par le dégagement ou l'arrêt du courant électrique. Notre description sera plus claire si nous l'empruntons à l'intéressant ouvrage de M. Figuier sur les *Découvertes modernes*, aussi le laissons-nous parler :

« Supposons, dit-il, qu'il s'agisse d'établir une communication électrique entre Paris et Rouen. Plaçons à Paris une pile voltaïque en activité, étendons jusqu'à Rouen le fil conducteur de la pile et enroulons à Rouen l'extrémité de ce fil conducteur autour d'une lame de fer doux. Le fluide électrique, en circulant autour de la lame de fer, l'aimantera, et si l'on place au-devant de cette lame, ainsi artificiellement aimantée, un disque de fer mobile, aussitôt ce disque sera attiré et viendra se coller contre l'aimant. Maintenant, que l'on interrompe le courant électrique en supprimant la communication du fil conducteur avec la pile, aussitôt la lame de fer doux revient à son état habituel, elle cesse d'être aimantée, elle n'attire plus le disque de fer. Or, admettons que pour se porter vers l'aimant, la pièce de fer ait eu à vaincre la résistance d'un petit ressort; dès que le courant sera interrompu, le petit ressort ramènera la pièce de fer mobile à sa position primitive, puisque la puissance de l'aimant ne contre-balancera plus la

(1) *Encyclopédie britannique*, 7e édition, page 662.

tension du ressort. Ainsi, chaque fois que l'on établira et que l'on interrompra le courant, la pièce de fer sera portée en avant, puis repoussée en arrière; par la seule action de la pile on pourra exercer de Paris à Rouen une action mécanique qui donnera naissance à un mouvement de va-et-vient.

« L'aimantation temporaire du fer par l'influence d'un courant électrique donne donc le moyen d'exercer à travers l'espace un effet d'attraction et de répulsion; la pile voltaïque permet, à travers toutes les distances, de mettre un levier en mouvement. Tel est le principe fondamental de la télégraphie électrique. En effet, ce mouvement de va-et-vient une fois produit, la mécanique nous offre vingt moyens différents d'en tirer parti pour l'appliquer au jeu des télégraphes. »

Le professeur américain Morse, dont les travaux ont fait sensation et qui a réalisé pratiquement le premier l'application de l'électricité à la construction d'un télégraphe, fait remonter son invention à 1832, et en fournit quelques preuves dans l'ouvrage de M. A. Vail (1). Néanmoins son brevet en France ne date que du 30 octobre 1838, quelques mois après celui de M. Irving, qui, n'ayant été pris que pour dix ans, le 30 mai, est depuis quelques années dans le domaine public.

Voici en quoi consiste l'appareil de M. Morse :

« Le télégraphe américain n'emploie qu'un seul circuit; à l'extrémité du circuit, où les nouvelles doivent être reçues, est un appareil nommé *register* ou rapporteur. Il consiste en un électro-aimant dont le fil enveloppé forme le prolongement du fil de circuit.

« L'armature de cet aimant est attachée au bout d'un petit levier qui, par l'extrémité opposée, porte une plume. Sous cette plume est un ruban de papier qui marche à volonté à l'aide d'un certain nombre de rouages. A l'autre extrémité du circuit, c'est-à-dire à la station d'où les nouvelles doivent partir, existe un appareil nommé *portrule* ou porte-composteur. Il consiste en une batterie ou générateur de galvanisme, aux deux pôles de laquelle finit le circuit; près de la batterie (l'auteur a voulu dire la pile) une portion de ce circuit est brisée; les deux extrémités disjointes sont introduites dans deux coupes de mercure contiguës.

« A l'aide d'un fil en fourche attaché à l'extrémité d'un petit levier, les deux coupes peuvent à volonté être mises en connexion entre elles ou laissées isolées. Ainsi le circuit est fermé ou rompu quand on le veut. Le jeu du mécanisme est le suivant :

« Quand le circuit est fermé, l'aimant est chargé, il attire l'armature, et le mouvement de celle-ci fait que la plume touche le papier. Lorsque le circuit est fermé et ouvert rapidement, il se produit sur le papier mobile de simples points; si, au contraire, il reste fermé pendant un certain temps, la plume marque une ligne d'autant plus longue que la fermeture

(1) *Le Télégraphe électro-magnétique américain*, page 189 et suivantes.

est elle-même plus longue. Le papier offre un large intervalle de blanc, si le circuit reste ouvert un temps considérable. Ces points, ces lignes et les espaces blancs conduisent à une grande variété de combinaisons. A l'aide de ces éléments, M. le professeur Morse a construit un alphabet et les signes des chiffres. Les lettres peuvent être écrites avec une grande rapidité au moyen de certains types que la machine fait mouvoir avec exactitude et qui impriment au levier portant la plume des mouvements convenables. On trace quarante à quarante-cinq de ces caractères en une minute.

« Le *register* ou rapporteur est sous le contrôle de la personne qui envoie une nouvelle; en effet, depuis l'extrémité nommée porte-composteur, le mécanisme du rapporteur peut être mis en mouvement à volonté et arrêté de même. La présence d'une personne pour recevoir la nouvelle n'est donc pas nécessaire, quoique cependant le son d'une cloche mise en tintement par le mécanisme annonce que l'on va commencer à écrire. »

Les comptes-rendus ajoutent que la distance à laquelle le télégraphe américain a été essayé est de dix milles anglais ou de quatre lieues de poste de France, que les expériences eurent pour témoins une commission de l'institut de Franklin, de Philadelphie, et un comité nommé par le congrès des États-Unis; que les rapports des deux commissions furent extrêmement favorables; que le comité du congrès proposa de consacrer 30,000 dollars (150,000 francs) à une expérience en grand de ce mode de communication; que la dépense de construction du nouveau système télégraphique serait, suivant M. Morse, de 3,500 francs par mille anglais, ce qui revient à 14,000 francs par lieue de poste de France, que la machine qu'il faudrait à chaque extrémité ne coûterait pas plus de 1,500 francs. M. Morse pensait que les fils, une fois placés, dureraient un demi-siècle, à moins que la malveillance ne les brisât.

L'alphabet télégraphique de M. Morse a varié dans ses combinaisons. En premier lieu il se composait de caractères ressemblant à des dents de scie rangées en longues files. La fig. 2 représente ces caractères dentelés. Le bout de la dent étroite correspond aux points des lettres et la longue dent aux lignes des lettres. A, par exemple, a une dent pour un point et une longue dentelure pour une ligne, ce qui forme la lettre télégraphique, puis au bout du caractère il y a un espace qui correspond à celui que les lettres doivent garder entre elles.

Cet alphabet demande une longue habitude pour le déchiffrer, et encore est-on fréquemment sujet à l'erreur.

En second lieu, on adopta une écriture composée de lignes horizontales et de points (fig. 3). Mais cette écriture présentait aussi des inéonvénients pour la tracer, en ce que, le crayon s'usant, cessait de marquer. C'est alors qu'on se servit d'une pointe d'acier pour incruster ces lettres dans le papier ; quelquefois il y avait confusion.

En résumé, M. Moigno, à qui nous empruntons la description qui pré-

cède, ne croit pas pouvoir faire remonter au delà de 1837 l'invention du télégraphe de M. Morse. Nous sommes de son avis, mais comme lui nous pensons aussi que le célèbre professeur de l'Université de New-York n'en a pas moins conquis un brillant titre de gloire. Il a grandement perfectionné son appareil, en substituant à la plume un poinçon qui trace en relief des points et des lignes sur un papier épais : ainsi modifié, le télégraphe Morse fonctionne avec une régularité merveilleuse, en Amérique, sur d'immenses lignes, et en Allemagne sur quelques chemins de fer (1).

Dans un *Rapport de l'Académie de l'industrie de Paris*, en février 1839, et dans une note présentée à l'Académie des sciences le 9 juillet 1838, on trouve que le baron Schilling construisit à Saint-Pétersbourg un télégraphe électrique qui consistait en un certain nombre de fils de platine isolés et réunis dans une corde de soie, lesquels mettaient en mouvement, à l'aide d'une espèce de clavier, cinq aiguilles aimantées placées dans une position verticale au centre du multiplicateur. Il avait joint à son appareil un mécanisme fort ingénieux dont l'idée était à lui et consistait dans une montre à sonnerie, espèce de réveil qui, lorsque l'aiguille tournait au commencement de la correspondance, était mise en jeu par la chute d'une petite balle de plomb qui faisait tomber la pointe de l'aiguille aimantée.

Schilling, par les dix mouvements dont ses cinq aiguilles étaient susceptibles, n'indiquait que les dix chiffres dont les combinaisons données par un dictionnaire spécial formaient tous les signaux possibles. Il mourut sans qu'on ait pu tirer parti de son habileté pour l'établissement de ce genre de correspondance sur une grande échelle.

Dès 1834, MM. Gauss et Weber de Gœttingue apportèrent aussi le contingent de leurs lumières, pour démontrer la possibilité des télégraphes électriques. Ils établirent une communication entre l'Observatoire et le cabinet de physique de l'Université.

En 1837, M. Steinheil, à la suite d'expériences suivies, reconnaissait la suffisance d'un conducteur unique pour conduire et ramener le courant avec l'aide de la terre mise en communication avec les deux extrémités du fil. Cette découverte est d'une grande importance pour l'avenir de la télé-

(1) La télégraphie électrique occupe aux États-Unis une étendue immense; elle relie le golfe du Mexique aux forêts du Canada. L'une des lignes télégraphiques, partant de Burlington-Vermont, sur la frontière du Canada, traverse Boston, New-York et Washington, en passant par Baltimore et Philadelphie; elle parcourt la Virginie, la Caroline, la Georgie, et descend par Richmond, Raleigh, Colombia, Augusta et Mobile, jusque vers le golfe du Mexique, et jusqu'à l'embouchure du Mississipi, qu'elle atteint à la Nouvelle-Orléans. Une seconde ligne principale part de cette dernière ville et remonte les vallées du Mississipi et de l'Ohio jusqu'à Louisville. Quelques autres partent des côtes de l'Océan pour se diriger vers le centre du pays, en remontant vers les grands lacs qui le bornent au nord. La ligne de Burlington-Vermont présente une étendue considérable, en raison de la grande distance qui sépare les villes qu'elle doit relier. Entre Burlington-Vermont et Boston, elle a 116 lieues à parcourir; entre Boston et New-York, 102 lieues; entre New-York et Washington, 137 lieues; entre Washington et Colombia, 205 lieues; entre Colombia et la Nouvelle-Orléans, 485 lieues. La ligne de la Nouvelle-Orléans à Louisville présente, y compris les embranchements, une étendue de 460 lieues. (L. FIGUIER, page 130.)

graphie électrique. L'alphabet télégraphique de M. Steinheil se composait d'une suite de points dont les variations comme nombre et comme distance fournissaient toutes les combinaisons possibles. La fig. 5, pl. 9, en donne une idée assez exacte.

Le 12 juin 1837, M. Wheastone, à qui appartient l'honneur d'avoir le premier rattaché deux villes entre elles par un lien de correspondance électrique et d'avoir fondé la théorie des phénomènes magnétiques, prit en Angleterre sa première patente pour un télégraphe électrique et construisit son premier appareil en 1838 sur une partie du chemin de fer de Londres à Liverpool; il était fondé sur le principe de la déviation des aiguilles aimantées par l'influence du courant voltaïque, et se composait de cinq fils qui servaient à faire apparaître instantanément les diverses lettres de l'alphabet. L'emploi des cinq conducteurs était une complication sérieuse et une aggravation de dépenses. Ce système fut abandonné par l'inventeur.

L'année suivante, M. Davy prit aussi, à Londres, une patente pour un télégraphe électro-magnétique, et M. Vorsselman de Heer proposa son télégraphe électro-physiologique avec *dix* fils. Nous mentionnons ces noms seulement comme chronologie, et nous reprenons de nouveau la série des découvertes de M. Wheastone.

Le système imaginé en 1840 par le savant physicien et qui a fonctionné quelque temps en Angleterre et en France, porte le nom de *télégraphe à cadran*.

« Aux deux extrémités de la ligne télégraphique on place deux cadrans circulaires parfaitement semblables et qui portent inscrits sur leur circonférence les vingt-quatre lettres de l'alphabet et les dix chiffres de la numération. Ces deux cadrans communiquent entre eux par le fil conducteur de la pile. A l'aide de dispositions mécaniques convenables, chacune des lettres du cadran peut, par l'action du courant voltaïque établi ou interrompu, se détacher du cercle et venir se placer au-devant d'une sorte d'indicateur qui permet de la lire. Ces deux cadrans, placés aux deux stations extrêmes, sont liés entre eux de telle manière que les mouvements qui s'exécutent sur l'un sont répétés exactement et au même instant sur l'autre. D'après cela, si l'on fait passer l'électricité fournie par la pile dans le conducteur qui relie les deux cadrans, et qu'à la station d'où partent les dépêches on amène successivement les diverses lettres de l'alphabet devant l'indicateur, les mêmes lettres se détachent instantanément sur le cadran placé à la station extrême. On peut transmettre ainsi quarante lettres au moins par minute et faire immédiatement la lecture des mots transmis.

« Malgré tous les avantages qu'il présente, le télégraphe à cadrans de Wheastone a cessé d'être employé en Angleterre. Le système adopté par son auteur pour faire apparaître les lettres sur les cadrans offrait dans son maniement quelques difficultés, parce qu'au lieu d'avoir simplement recours à un effet mécanique, on avait cru devoir se servir de la force

électro-magnétique. Cette disposition, plus élégante sans doute, amenait cependant certaines difficultés manuelles dont on ne pouvait triompher qu'avec une grande habitude et beaucoup de dextérité. Ce vice de construction, auquel il était facile de remédier, et que M. Froment a d'ailleurs chez nous si admirablement annulé dans son télégraphe à clavier, a fait renoncer, en Angleterre, à l'emploi des cadrans. Ils sont remplacés aujourd'hui par une nouvelle combinaison imaginée par M. Wheastone, qui porte le nom de *télégraphe à double aiguille*. C'est l'instrument télégraphique réduit, on peut le dire, à sa plus simple expression. Il se compose uniquement, en effet, de deux aiguilles fixées chacune au centre d'un cercle; elles peuvent se mouvoir autour du cercle auquel elles appartiennent en s'arrêtant à volonté à l'un quelconque des points de sa circonférence. Ces aiguilles sont mises en mouvement à l'aide de deux manivelles ou poignées que l'opérateur tient dans chacune de ses mains. Le mouvement imprimé aux manivelles établit ou interrompt le courant électrique, et l'aiguille peut de cette manière prendre sur la circonférence du cercle toutes les positions que l'on désire. Ces deux aiguilles et leurs cadrans sont fixés sur le panneau antérieur d'une sorte de grande boîte offrant l'aspect d'un tombeau antique. On sait que les Anglais aiment à donner à leurs meubles ou à leurs appareils cette forme que nous nous accordons en France à trouver un peu lugubre.

« Les différentes positions que peuvent prendre les deux aiguilles ont servi à former un alphabet télégraphique. Les signes adoptés pour la désignation des lettres sont les suivants :

A, un coup à gauche de l'aiguille de gauche.
B, deux coups de la même aiguille à gauche.
C, trois coups de la même aiguille à gauche.
D, quatre coups de la même aiguille à gauche.
F, un coup de l'aiguille de gauche et trois de l'aiguille de droite, etc. »

C'est, comme on le voit, un véritable alphabet de sourd et muet. M. Wheastone a compté sur l'adresse, sur l'habitude particulière des employés pour suppléer à l'insuffisance du mécanisme de son instrument et à la simplicité de son vocabulaire. L'expérience a parfaitement justifié d'ailleurs la confiance qu'il avait mise dans les ressources infinies de l'organisation physique servie et réglée par l'intelligence. Le moyen physiologique supplée ici de la manière la plus heureuse à l'imperfection de la combinaison mécanique.

Pour faire manœuvrer les aiguilles des cadrans on a choisi, en Angleterre, de jeunes garçons de quinze à seize années; on comptait avec raison sur la vivacité et la délicatesse des mouvements naturels à cet âge, pour se plier plus aisément aux conditions si nouvelles et si particulières de ce service. Ces enfants n'ont pas tardé, en effet, à acquérir une habileté pro-

digieuse, à comprendre ce vocabulaire et à exécuter les signaux qui le composent.

Si nous voulions suivre la nomenclature des découvertes qui amenèrent la télégraphie à l'état satisfaisant déjà où elle est aujourd'hui, nous serions obligés d'entrer dans la polémique engagée à diverses reprises entre leurs auteurs. Nous renvoyons donc à des écrivains spéciaux (1), pour ceux des systèmes que nous omettons, et cela d'autant plus volontiers que l'art télégraphique n'a pas été changé par ces découvertes, mais seulement admirablement perfectionné par des savants, des ingénieurs et des ouvriers dont on retrouvera les noms dans la liste qui terminera notre article.

Cette liste mentionne les brevets ou patentes délivrés en France ou en Angleterre jusqu'à ce jour.

Nous ne pouvons néanmoins nous empêcher de dire quelques mots des travaux de MM. Bain, Dujardin, Brett, Bréguet, Siemens.

Télégraphe électro-chimique de Bain.— On écrit sur une bande de papier étroite et continue la dépêche qu'il s'agit de transmettre, en découpant à l'aide d'un emporte-pièce les lettres d'un alphabet très-simple composé de points et de lignes horizontales. Cette bande s'enroule sur un cylindre de bois et se déroule ensuite à l'aide d'une manivelle, pour passer sur un second cylindre métallique contre lequel s'appuient quatre petits ressorts qui communiquent avec le fil conducteur de la ligne télégraphique; le cylindre métallique est lié au pôle d'une pile très-simple et d'un petit volume.

La bande de papier continue présente tour à tour des parties pleines et vides; ces dernières représentent les lettres de l'alphabet, tandis que les pleines sont du papier, c'est-à-dire une substance isolante. Tant que les petits ressorts appuient sur les pleins, le circuit n'est pas formé et le courant ne passe pas; mais aussitôt que les ressorts rencontrent un vide, ils sont en contact avec le cylindre : dès lors la communication est établie, le courant circule et parvient instantanément à la station d'arrivée. Là, un petit stylet est attaché au fil conducteur de la ligne : au-dessous de ce stylet tourne un plateau métallique que l'on recouvre d'un disque de papier chimique préparé, en le trempant d'abord dans une solution d'acide sulfurique, puis dans une solution de prussiate de potasse. Le plateau et le disque humide dont il est recouvert communiquent avec un des pôles de la pile à la station d'arrivée ; le courant se complète ensuite par la terre.

La dépêche est transmise de la manière suivante : au signal donné on appuie le stylet sur le papier chimique ; à chaque bande de papier que l'on

(1) Nous avons fait de larges emprunts à l'intéressant ouvrage de M. Moigno, ayant pour titre : *Traité de la Télégraphie électrique*. C'est un livre qu'on peut consulter avec fruit, car il contient des recherches et des examens consciencieux, et sera, sous le point de vue historique, d'un immense secours aux personnes qui étudient les applications si attrayantes de l'électricité aux télégraphes.

M. Louis Figuier, dont nous avons également cité quelques passages extraits de son remarquable ouvrage, *des Découvertes modernes*, aura aussi contribué à rendres lucides et claires des descriptions savantes et à vulgariser ainsi les découvertes récentes qui illustrent notre XIXe siècle.

déroule, à l'aide de la manivelle, le courant passe, et sous son influence la pointe du stylet, par l'action chimique qu'elle exerce, trace un point ou une petite ligne de couleur bleu foncé, qui est la représentation fidèle de la lettre qu'il fallait reproduire à distance.

La bande sur laquelle on avait écrit une page entière se déroule avec une extrême rapidité; le plateau, entraîné par un mouvement d'horlogerie, tourne aussi avec une grande vitesse. Après 45 secondes, les 1,200 lettres composant cette page apparaissent très-nettement dessinées sur les disques de papier chimique, et se trouvent ainsi fidèlement reproduites, comme elles l'auraient été à 200 ou 300 lieues de distance, sans plus de difficulté. Le mouvement imprimé au plateau est un mouvement spirale, afin que les lignes de traits successives ne se superposent pas et restent entièrement distinctes.

Voici les avantages que l'auteur attribue à son système de télégraphie électro-chimique : 1° plus d'économie et de simplicité dans la construction primitive; 2° plus de rapidité dans la transmission des dépêches, un seul fil, avec un isolement assez bon, peut transmettre 1,200 lettres par minute ou 20 lettres par seconde, c'est dix fois plus qu'on ne pourrait en communiquer avec régularité et exactitude par les appareils actuellement en usage; 3° un courant électrique plus faible que d'ordinaire suffit pour faire fonctionner l'appareil, et par conséquent est exposé à moins de chances d'interruption par les imperfections de l'isolement qui résultent quelquefois des vicissitudes du temps et d'autres circonstances; 4° plus de simplicité et d'économie dans l'entretien et la surveillance; 5° moins de chances d'erreurs dans les dépêches transmises.

Le télégraphe de Bain fonctionne en Angleterre, de Londres à Manchester, de Manchester à Liverpool, sur une étendue de 300 kilomètres, et en Amérique sur une ligne de 2,000 kilomètres.

TÉLÉGRAPHE ÉCRIVANT ET TINTANT DE M. DUJARDIN. — Ce télégraphe se compose essentiellement de trois appareils. Le premier est une machine électro-magnétique servant à engendrer le courant; le second sert à éveiller l'attention de l'employé et à tinter les dépêches; le troisième écrit les dépêches.

L'appareil appelé *sonnerie* et qui sert à avertir et à tinter les dépêches se compose d'un électro-aimant fixé verticalement sur une planche. Les bouts du fil de cet électro-aimant sont soudés sur deux petites pièces de laiton, munies de vis de pression. Deux petites palettes de fer doux sont fixées sur les bords des cylindres de fer de l'électro-aimant; elles peuvent s'éloigner ou se rapprocher. Elles servent à rapprocher plus ou moins l'un de l'autre les pôles de l'électro-aimant, ce qui est d'une grande importance pour régler le jeu de l'appareil. Une aiguille aimantée méplate communique avec l'électro-aimant.

Sur le côté de l'appareil est un grand verre à boire cylindrique ou

conique que l'on choisit aussi sonore que possible; ce verre est placé à côté d'un cylindre en bois d'une dimension à peu près analogue.

La *sonnerie*, mise en communication avec la *machine magnétique*, fonctionne ainsi : lorsqu'on soulève le manche de la machine magnétique, on produit dans le fil de cuivre de ses bobines un courant électrique qui va aimanter l'électro-aimant de la sonnerie dans un sens tel que l'aiguille aimantée, attirée par l'un des pôles et repoussée par l'autre, est chassée violemment contre le verre qu'elle met en vibration. Lorsqu'on laisse retomber le manche de la machine magnétique, on produit, dans le fil de cuivre de ses bobines, un courant contraire au premier, et qui va aimanter l'électro-aimant en sens inverse. Par suite de ce renversement de polarité, l'aiguille aimantée de la sonnerie est repoussée contre le cylindre de bois, et, si l'on soulève et abaisse dix fois alternativement le manche en question, la sonnerie produit dix sons.

L'appareil qui sert à écrire les dépêches se compose d'un tambour creux en laiton monté sur un axe à vis, de manière à pouvoir se déplacer par le mouvement de rotation que lui imprime un petit moteur d'horlogerie. Un électro-aimant sert lui-même de moteur à une *plume* ou bascule métallique qui vient à chaque pulsation électrique tracer des points sur la surface du tambour préalablement garnie de papier.

L'appareil à écrire étant mis en communication avec l'appareil magnétique fonctionne de la manière suivante : le tambour est mis en mouvement par le mécanisme d'horlogerie, il exécute simultanément deux mouvements, l'un de rotation sur lui-même et l'autre de translation sur son axe, ce qui fait que la dépêche s'écrit en spirale sur la surface du tambour. Lorsqu'on fait fonctionner alternativement l'aimant et l'électro-aimant, le bec de la plume sort de l'encre, va frapper le papier et y trace un point, puis rentre dans sa boîte pour en sortir de la même manière, et ainsi de suite.

Dans ce système de télégraphie on se sert simultanément de la sonnerie et de l'appareil à écrire, ce qui fait que les dépêches sont aussi simultanément tintées et écrites. On combine l'écriture par une espèce de table de Pythagore variable à l'infini.

TÉLÉGRAPHE IMPRIMANT DE M. BRETT. — L'appareil se compose de deux parties : l'une, le transmetteur placé à la station de départ; l'autre, l'imprimeur placé à la station d'arrivée. Les lettres majuscules romaines qu'il s'agit d'imprimer sont gravées en relief sur les prolongements des rayons d'une roue verticale ; elles s'encrent en s'appuyant sur de petits rouleaux. La bande de papier, qu'un mécanisme simple et sûr fait avancer progressivement, est maintenue à une très-petite distance des lettres ; un marteau ou mouton, montant et descendant dans une coulisse verticale, vient, par un coup rapide, appuyer le papier contre la lettre chargée d'encre et détermine l'impression.

Aussitôt que, sur le transmetteur, on a amené une lettre donnée, la

lettre A, par exemple, devant l'aiguille indicatrice, cette même lettre A se montre au point culminant de la roue verticale : le courant fait partir une détente, les poids du rouage agissent, le marteau monte, redescend, frappe et imprime la lettre A sur le papier qui l'emporte en marchant un peu pour se prêter à l'impression d'une nouvelle lettre. Ce qui frappe surtout dans le mécanisme de M. Brett, c'est le procédé rapide par lequel, en ramenant après chaque mot l'appareil à une position déterminée, on empêche les erreurs de s'accumuler ; la fidélité de transmission est ainsi garantie.

C'est M. Jacob Brett qui a entrepris l'établissement du télégraphe sous-marin entre Paris et Douvres et qui a obtenu à ce sujet du gouvernement français une concession de dix années pour son exploitation. C'est à lui par conséquent qu'on doit la première correspondance télégraphique entre la France et l'Angleterre, et la première impression à travers l'Océan.

Télégraphe de M. Bréguet, employé sur les lignes télégraphiques de France. — On a choisi pour système, non le plus nouveau et le plus parfait des appareils imaginés pour transmettre les signaux, mais au contraire celui qui permettrait de reproduire pour alphabet les signaux télégraphiques fournis par les lignes terrestres. Le système français est donc un système mixte très-compliqué qui reproduit en effet exactement les signaux télégraphiques habituels, mais qui par cela même est sujet à plusieurs inconvénients.

Le système télégraphique adopté pour l'État, sur toutes les lignes françaises, se compose essentiellement : 1° d'une pile ; 2° d'un conducteur ; 3° d'un appareil manipulateur ; 4° d'un appareil récepteur.

La pile en usage est celle de Bunsen ; elle fournit à volonté un courant que le conducteur transmet d'un bout à l'autre de la ligne (1). Le manipu-

(1) La pile de Bunsen, qui est celle communément employée en France, aussi bien par l'État que par l'industrie privée, et dont nous avons indiqué sommairement la composition et la marche dans l'article précédent (*Moteurs électriques*), mérite la préférence, lorsqu'on veut agir avec un grand nombre d'éléments puissants et obtenir des effets réguliers. Il n'y a aucun dépôt à enlever et aucun soin assidu à prendre pour maintenir les liquides à l'état de saturation. Lorsqu'on cesse de s'en servir on jette les diaphragmes dans un baquet d'eau, les zincs dans un autre, et l'on réamalgame ceux qui en ont besoin, ce qui est l'affaire d'un instant.

L'élément de Bunsen est représenté comme type sur la fig. 6 de la pl. 9. Ce que nous allons en dire, toujours d'après M. Pouillet, complétera notre première description (page 96). Les deux liquides de cet élément sont : l'acide azotique du commerce et l'acide sulfurique étendu de 10 à 12 volumes d'eau ; les deux corps qui reçoivent l'électricité sont le zinc et le charbon ; les liquides sont séparés par un vase poreux de terre cuite y, que l'on remplit avec l'acide sulfurique étendu, et dans lequel plonge un mamelon de zinc amalgamé z; ce diaphragme repose sur le fond d'un vase de verre v qui contient l'acide azotique ; dans cet acide, et autour du vase poreux faisant l'office de diaphragme, se place le cylindre de charbon x. Celui-ci est épais, très-résistant, et percé de plusieurs trous, pour la libre circulation de l'acide dans lequel il plonge ; il se fabrique par des procédés particuliers en pressant dans un moule de fer du coke ou de la houille grasse en poudre mélangés en proportions convenables, et en soumettant ce mélange dans le moule lui-même à un degré de cuisson convenable. Après lui avoir donné ce premier degré d'agrégation on le plonge dans une dissolution sirupeuse pour le soumettre ensuite à la dernière cuisson qui se fait à un feu assez vif. Ces cylindres sont très-bons conducteurs de l'électricité et tout à fait inaltérables dans l'acide

lateur, placé dans la station où se trouve la pile, règle de lui-même l'emploi du courant et forme des signaux que le récepteur reproduit à la station opposée.

Dans le principe on employait comme conducteur du courant un fil de cuivre, transmettant parfaitement l'électricité ; aujourd'hui c'est un fil de fer soigneusement isolé ; si ce dernier est le plus imparfait, il coûte beaucoup moins et se brise moins facilement.

L'appareil récepteur se compose d'une boîte à horloge qu'on remonte avec une clé comme d'habitude et qui porte en saillie les aiguilles noires *indicatrices* d'un télégraphe horizontal.

Un électro-aimant, agissant sur une plaque mince dépendante du mouvement d'horlogerie, transmet le courant, et par suite les signaux, au moyen de passages et d'interruptions successifs.

L'appareil manipulateur pourrait se réduire à une simple touche, au moyen de laquelle l'employé établirait ou interromprait le courant suivant la forme du signal. Mais, obligé de la sorte à compter le nombre de ses mouvements, pour produire un signal donné sur un récepteur qu'il n'a pas sous les yeux, il aurait besoin de donner à son travail une attention trop fatigante, ce qui pourrait nuire à l'exactitude et à la vitesse. On a alors imaginé un appareil sur lequel l'employé forme le signal avec deux manivelles. Les dispositions sont telles que la série nécessaire des passages et des interruptions du courant se produit par le fait même de la manipulation.

TÉLÉGRAPHE A CADRAN DE SIEMENS. — Le télégraphe de M. Siemens est du genre des télégraphes alphabétiques, c'est-à-dire que les mouve-

nitrique ; à leur partie supérieure et hors du liquide, ils portent un cercle de cuivre sur lequel s'adapte la bande propre à établir les communications électriques.

Le manchon de zinc porte une bande pareille et c'est par une pince de métal qu'on les réunit pour composer les piles. Quand le zinc est bien amalgamé, il n'éprouve aucune action tant que la communication n'est pas établie à l'extérieur entre lui et le charbon ; mais dès que cette communication est établie, le zinc s'oxyde, le sulfate de zinc se forme, l'oxyde azotique est en partie désoxygéné, sans qu'il se manifeste un dégagement sensible de gaz, soit sur le charbon dans l'acide azotique, soit sur le zinc dans l'acide sulfurique étendu ; en même temps le courant passe dans les conducteurs allant du charbon au zinc, c'est-à-dire que le charbon forme le pôle positif de la pile, et le zinc, comme à l'ordinaire, le pôle négatif.

L'électricité est encore produite ici exclusivement par la décomposition de l'eau, et l'origine de l'action paraît être aussi dans l'affinité chimique du zinc pour l'oxygène ; par cette affinité, soit qu'elle s'exerce effectivement sur quelques atômes d'oxygène et produise une quantité très-petite d'oxyde, soit qu'elle tende seulement à s'exercer entre toutes les molécules superficielles du zinc et les molécules d'oxygène qui les touchent, la masse du zinc se trouve constituée à l'état négatif, et ici le charbon partage cet état dès qu'il est mis en communication avec lui par des conducteurs extérieurs convenables ; alors la chaîne liquide peut être décomposée par ses deux extrémités, le zinc prenant l'oxygène, et le charbon ici prenant l'hydrogène ; mais cet hydrogène à l'état naissant agit sur l'acide azotique pour lui enlever l'oxygène, et pour le transformer par conséquent en acide hypoazotique qui se dissout dans le bain. Il ne paraît pas impossible non plus que, sous certaines conditions, l'hydrogène se combine en partie avec le charbon.

L'élément de Bunsen conserve une force sensiblement constante pendant assez longtemps ; mais pour ne pas lui donner un volume embarrassant, on a coutume de donner au vase poreux une capacité insuffisante : le sulfate de zinc qui se forme devient trop vite une proportion considérable du liquide.

ments produits par le courant de la pile ont pour objet de signaler à la station plus ou moins éloignée qui reçoit la dépêche les lettres successives qui en composent les mots. On peut les caractériser d'une manière générale en disant qu'ils ont nécessairement un interrupteur qui se meut à la main par celui qui envoie la dépêche, et par suite celui qui reçoit la dépêche est obligé de se taire et de rester passif jusqu'à ce que son correspondant lui laisse la liberté de parler à son tour. Que si les divers appareils dont on fait usage présentent entre eux quelques différences, elles ne portent pas sur ces deux points, mais seulement sur le mécanisme qui sert à transformer le mouvement de va-et-vient en mouvement de rotation, ou sur la disposition du cadran, ou sur la forme de l'interrupteur, ou enfin sur le nombre des divisions tant conductrices que non conductrices dont il se compose.

M. Siemens a considéré sous un tout autre aspect le problème de télégraphie alphabétique, et il est entré dans une voie tout à fait nouvelle en se proposant de maintenir à l'opérateur qui reçoit la dépêche, pendant même qu'il la reçoit et qu'il écrit, son action directe et immédiate sur l'opérateur qui la lui envoie, et cela sans avoir recours à un second fil, sans rompre l'accord des cadrans et des appareils, et sans amener la moindre perturbation dans la série des signes dont la transmission est commencée.

Pour réaliser cet avantage, qui est d'une haute importance, M. Siemens supprime tout à fait l'interrupteur dont nous avons parlé, et il dispose son appareil à cadran pour qu'il agisse absolument de la même manière, soit qu'il doive envoyer une dépêche, soit qu'il doive la recevoir. Essayons de faire comprendre ce mécanisme ingénieux qui fonctionne en même temps avec une grande vitesse et avec une régularité parfaite.

« L'armature de l'électro-aimant porte un levier d'environ un décimètre de longueur qui exerce deux actions très-différentes.

« Par la première il fait passer à chaque vibration double (aller et retour) une dent de la roue sur l'axe de laquelle est montée l'aiguille indicatrice du cadran, et par conséquent il porte cette aiguille d'une lettre à la lettre qui suit.

« Par la seconde, il rompt le circuit et arrête le courant, dont il a reçu lui-même le mouvement; mais il ne l'arrête qu'au moment où il est lui-même arrêté par un butoir dans une excursion *d'aller*, c'est-à-dire quand l'armature, attirée par l'électro-aimant, est venue aussi près des pôles qu'elle doive le faire; alors, le circuit étant rompu, l'armature cesse d'être attirée, et, se trouvant immédiatement rappelé par son ressort, le levier accomplit son *retour*. A peine touche-t-il à cette autre limite de son excursion qu'il complète de nouveau le circuit, rétablit le courant, et à l'instant se trouve de nouveau emporté par l'armature pour accomplir son deuxième aller, qui par la même cause est suivi d'un deuxième retour.

« Aucun opérateur n'est nécessaire, la pile se charge de tout.

« Cependant, jusque-là l'aiguille indicatrice du cadran n'aurait qu'un

mouvement régulier et saccadé, analogue à celui de l'aiguille à secondes d'une pendule, seulement il serait bien plus rapide. Il faut donc ajouter quelque chose au mécanisme dont nous venons de parler, il faut arrêter pendant de petits intervalles. Pour obtenir ce résultat, M. Siemens adapte circulairement autour de son cadran autant de touches qu'il porte de signes, et sur chaque touche est répété en caractère très-apparent le signe auquel elle correspond. En posant le doigt sur une touche on abaisse une petite tige verticale de un ou deux millimètres de diamètre qui vient alors barrer le passage à un levier horizontal parallèle à l'aiguille et monté sur son axe. C'est absolument comme si on arrêtait l'aiguille elle-même, mais le mécanisme est caché au-dessous du cadran pour n'en pas troubler l'aspect et pour ne pas fatiguer l'attention de l'opérateur. Il ne suffit pas que l'aiguille soit bien fidèlement arrêtée vis-à-vis du signe qu'elle doit indiquer, il importe de plus que le levier moteur lié à l'armature, dont le même obstacle arrête aussi la vibration, se trouve alors au milieu de son retour, c'est-à-dire vers le milieu de l'excursion qu'il fait sous l'influence du ressort qui le rappelle. On comprend, en effet, qu'à cet instant le circuit étant rompu depuis un certain temps, et les effets du courant ayant cessé, il y a moins de chance pour que l'armature contracte une polarité magnétique capable de troubler la marche régulière de l'appareil. Ces conditions sont très-habilement remplies par M. Siemens.

« Celui qui envoie la dépêche n'a donc qu'une seule opération à faire : poser le doigt successivement sur toutes les touches qui correspondent à la série des signes qu'il veut transmettre. Il abaisse une touche, et l'aiguille indicatrice de son appareil, emportée par les mouvements réguliers qui l'animent, n'éprouve rien encore ; elle continue sa marche jusqu'à l'instant où elle arrive au signe dont la touche est abaissée ; là elle s'arrête. L'aiguille de l'autre station, mue par la même force et soumise au synchronisme, ne peut pas cependant s'arrêter mathématiquement au même instant, car le levier qui la fait mouvoir, rappelé aussi par son ressort, achève forcément son retour, puisqu'il ne rencontre pas, comme son homologue de la première station, un obstacle matériel qui l'arrête ; il achève donc son retour et prend la position où, pour sa part, il complète le circuit et rétablit le courant. Cependant ce qu'il a fait là ne peut pas avoir à l'instant même son efficacité, puisque son homologue de la première station est alors retenu en un point où il rompt le circuit. C'est ainsi que l'opérateur qui envoie la dépêche, posant le doigt sur une touche pendant une certaine fraction de seconde, détermine un instant d'arrêt pareil dans l'aiguille de la seconde station, mais, il faut bien le remarquer, les deux aiguilles ne peuvent pas s'arrêter au même instant, la seconde ne s'arrête qu'après un temps équivalant à peu près au quart de la durée d'une vibration complète. Cette circonstance est importante par l'influence qu'elle exerce sur le nombre des signes qui peuvent être transmis dans un temps donné.

« Quand celui qui envoie la dépêche lève le doigt qu'il avait posé sur la première touche, pour le porter sur la seconde et faire le deuxième signe, les phénomènes suivants s'accomplissent : le levier de son appareil, obéissant à l'action du ressort qui le tire, est libre, afin d'achever son retour, et il l'achève en effet. Alors le circuit étant partout fermé, le courant se rétablit, les armatures des deux stations sont attirées simultanément, et les aiguilles reprennent leur marche concordante jusqu'à l'instant où celle de la première station marque le second signe; l'aiguille de la seconde station le répète à son tour, et les mêmes phénomènes se reproduisent jusqu'à la fin de la dépêche.

« Si tout se passe bien, l'opérateur de la seconde station n'a rien autre chose à faire qu'à suivre d'un œil attentif les mouvements de son aiguille indicatrice et à écrire ou à dicter les signes qu'elle lui a désignés; si au contraire il a un doute ou s'il est survenu quelque dérangement, il pose le doigt sur une touche, alors l'aiguille de la première s'arrête à ce signe, et celui qui envoie la dépêche est prévenu par là que son correspondant veut parler; l'entretien s'engage, les explications s'échangent, et bientôt le travail primitif reprend son cours. On peut dire que c'est une conversation bien ordonnée entre deux personnes qui veulent s'entendre, chacune ayant une égale liberté de placer son mot à propos.

« L'appareil dont nous venons de donner une idée se suffit à lui-même; il n'a besoin d'aucun auxiliaire lorsqu'on veut s'en rapporter au manuscrit de l'opérateur et courir la chance des erreurs qu'il a pu commettre soit en lisant les mouvements de l'aiguille, soit en écrivant les signes après les avoir lus.

« Mais, pour éviter jusqu'à la possibilité des erreurs de cette espèce, M. Siemens joint au besoin à son appareil une imprimerie magnétique qui donne la dépêche aussi bien imprimée qu'elle pourrait l'être par la presse ordinaire. Alors le stationnaire n'a pas à s'en mêler, il peut se promener pendant que son appareil travaille, et, s'il revient au bout de quelques minutes, il trouve une bande de papier sur laquelle sont imprimées avec une grande perfection toutes les lettres de la dépêche; elles ne sont pas seulement mises à la suite l'une de l'autre, mais les blancs sont observés avec soin, petits entre les lettres et grands entre les mots. Rien n'empêcherait d'y mettre la ponctuation la plus correcte si elle devenait nécessaire à l'intelligence du texte, mais en général ce serait perdre un temps précieux à faire des signes inutiles.

« Essayons de donner une idée de cet appareil qui est très-bien conçu et parfaitement exécuté.

« Un axe vertical en tout semblable à celui qui porte l'aiguille indicatrice du cadran, et recevant un mouvement de rotation par un mécanisme absolument pareil, reçoit à sa partie supérieure trente rayons horizontaux disposés dans le même plan et espacés également. Chacun de ces rayons, vers son extrémité la plus éloignée de l'axe, c'est-à-dire à 4 ou 5 centi-

mètres de distance, porte en relief assez saillant, et sur sa face supérieure, l'une des lettres du cadran; ces rayons étant flexibles et faisant ressort, il suffira d'en pousser un de bas en haut contre la bande de papier qui se trouve un peu au-dessus pour qu'il vienne la presser avec plus ou moins de force. Cette bande de papier embrasse, sur un arc d'environ une demi-circonférence, un rouleau à imprimer couvert d'une encre assez ferme. Là où le papier est fortement pressé par le relief de la lettre, il s'imprime nettement; ailleurs il ne reçoit pas même de taches. »

Le principe de la télégraphie électrique a donné lieu à des applications qui se multiplieront certainement, et en première ligne desquelles il faut placer l'imprimerie et l'écriture. C'est ainsi qu'on a imaginé les horloges électriques, les sonnettes électriques, les moyens de contrôle pour régler la mesure du temps et pour mettre à l'abri de l'influence atmosphérique les appareils qui servent à cet objet, la détermination de la différence des longitudes, les thermomètres, baromètres, hygromètres, anémomètres, etc., télégraphiques, et tant d'autres choses encore. C'est un champ nouveau qu'on moissonne et dont les produits seront de plus en plus prodigieux.

DESCRIPTION DU TÉLÉGRAPHE ÉCRIVANT

DE M. FROMENT, REPRÉSENTÉ PL. 9.

Le télégraphe électrique, construit par M. Froment, a été demandé par le gouvernement sarde; il écrit lui-même la dépêche, non pas en lettres, mais en signes, au moyen d'un crayon qui se taille en écrivant, parce qu'il tourne sur lui-même en même temps qu'il exécute son mouvement de va-et-vient; le crayon est mû d'une manière directe et sans intermédiaire par l'armature de l'électro-aimant, et peut exécuter jusqu'à trois ou quatre mille vibrations simples par minute.

L'appareil télégraphique proprement dit est représenté pl. 9 sous diverses vues d'ensemble et de détails.

La fig. 1re indique le genre d'écriture ou de signes que l'on obtient d'une manière continue.

La fig. 7 est une vue extérieure de face de l'appareil complet.

La fig. 8 en est un plan vu en dessus.

La fig. 9 est une coupe verticale faite perpendiculairement à l'axe du tambour ou suivant la ligne 1-2 du plan.

La fig. 10 représente une portion de vue extérieure de côté.

Et la fig. 11 l'organisation intérieure du socle.

Sauf la fig. 1re et la fig. 11, les quatre figures d'ensemble sont dessinées à l'échelle de 1/5e. En les examinant avec un peu d'attention, et en se rappelant ce que nous avons pu dire des divers systèmes de télégraphie, on reconnaît que l'appareil se compose :

1° D'un électro-aimant portant la plume. (Cet organe est détaillé fig. 20 et 21 à l'échelle de 2/5es.)

2° D'un appareil établissant ou interceptant la communication magnétique et mettant ainsi la plume en mouvement.

3° D'un tambour garni de papier, mobile autour et le long de son axe et sur lequel s'inscrivent les dépêches.

4° D'une boîte d'horlogerie, communiquant à la fois ces deux mouvements.

5° D'une boîte rectangulaire renfermant un électro-aimant surmonté d'un timbre ou sonnerie servant d'avertisseur.

6° De quatre boutons, pour fixer les fils de la pile et ceux de la ligne télégraphique.

7° De deux petites manivelles, que l'on place à volonté sur des contacts sortant de l'intérieur du socle et qui servent à faire passer le courant par différents chemins.

Électro-aimant et plume. — L'électro-aimant proprement dit, dont nous avons eu occasion de parler en décrivant précédemment les moteurs électriques, se compose, comme on sait, de deux cylindres A, en excellent fer et surtout bien doux (fig. 20 et 21 et 7 à 10). Ces deux cylindres s'assemblent dans une traverse carrée A′ par deux vis qui pénètrent dans le bout de ces deux cylindres, et tout l'ensemble s'adapte sur lui-même à un châssis à bascule en cuivre B, que la fig. 10 représente dressé et ne fonctionnant pas.

Sur ces deux cylindres de fer s'enroule un fil continu de cuivre *a*, bien recuit, très-fin et soigneusement entouré d'un fil de soie ou de coton afin d'empêcher le contact. Les deux extrémités de ce fil ou hélice métallique se fixent par deux vis aux extrémités d'une lame de cuivre contenue dans le socle et sortant aux endroits désignés par les lettres a^2 a^3.

Le courant électrique circule dans toute la longueur de ces fils, et c'est quand cette action a lieu que les cylindres de fer s'aimantent momentanément et jouissent alors de la propriété d'attirer le fer : la touche de fer doux C, qui se trouve en regard des électro-aimants, est alors attirée par ceux-ci quand le courant est établi et redevient libre lorsque ledit courant est interrompu.

La *plume* se compose du châssis à bascule B, oscillant autour du pivot *c*, de manière à pouvoir tantôt s'appuyer sur le tambour G, lorsqu'on veut obtenir des empreintes, et tantôt se relever comme fig. 10 pour permettre de changer soit la feuille de papier qui garnit ledit tambour, soit le crayon qui la termine : une vis à broche B^2 règle convenablement l'amplitude du châssis, et par suite le degré de pression du crayon sur le papier.

Sur cette même bascule et autour des pointes à vis b^2 s'opère aussi un mouvement d'oscillation analogue permettant l'avancement et le recul de la touche C, et voici comment : cette touche est fixée sur une pièce en cuivre C′ et munie d'une petite queue C^3, solidaire avec un ressort C^4, bandé plus ou moins par une vis C^5 dépendante du châssis B. Or, ce ressort tend toujours à éloigner la vis des aimants, mais la même tendance a lieu par

ceux-ci relativement à la touche, de sorte qu'on conçoit la simultanéité des mouvements si l'on songe que le courant et par suite l'aimantation est interrompue d'une manière égale et intermittente, comme nous le reconnaîtrons. Il s'opère donc régulièrement un mouvement de bascule aux points b^2; la fig. 9 en indique suffisamment la marche, et les fig. 18 et 19 la disposition détaillée. Mais ce mouvement, qui est à la vérité très-restreint à l'endroit où il prend naissance, s'agrandit en raison du bras de levier C^2 et devient assez prononcé pour tracer une écriture en chiffres dont la fig. 1re est la reproduction fidèle. On peut d'ailleurs augmenter l'amplitude et donner plus ou moins de course à la plume en agissant sur la vis D, placée à l'extrémité du châssis B.

Crayon et porte-crayon. — A l'extrémité de la *plume* et près de la vis D se trouve un porte-crayon incliné (fig. 15), creux à l'intérieur et garni d'une mine de plomb cylindrique. Cette mine ou crayon reçoit deux mouvements : le premier lui est transmis par la plume à bascule, c'est celui que nous venons d'examiner et qui sert à la production des caractères; le second est un mouvement circulaire qui sert justement à la taille constante du crayon et par suite à la netteté ou la régularité desdits caractères. On comprend, en effet, que si d'une part le crayon est promené sur le papier suivant un mouvement uniforme de va-et-vient, il s'usera toujours sur le même sens, tandis qu'au contraire si tout en conservant ce mouvement indispensable, il tourne graduellement sur lui-même, le frottement sera uniforme et le crayon présentera constamment la forme indiquée au double de grandeur naturelle (fig. 17), c'est-à-dire un cône régulier agissant sur le papier par une génératrice toujours de la même dimension.

Les fig. 13, 14 et 15 représentent à une échelle de moitié grandeur les diverses vues du mécanisme servant à opérer ce mouvement de rotation.

La partie supérieure i' du porte-crayon est filetée pour recevoir en place d'écrou une petite roue à rochet E' à denture très-fine, et qui, à chaque mouvement de la plume, se trouve attaquée par le ressort plat b^4 pour tourner de quelques dents; un autre cliquet à ressort b^5 empêche la roue de retourner sur son chemin. Or, ce mouvement de rotation provoque la descente du crayon d'une quantité correspondante à l'usure, de sorte qu'une fois en place toutes les pièces agissent l'une par l'autre dans des proportions constamment convenables pour former une écriture dont voici la théorie : elle représente des chiffres servant de clé à une traduction secrète en langue vulgaire; ces chiffres sont formés par des jambages aigus (voir fig. 1re). Lorsque le jambage est seul c'est le chiffre 1 qui est représenté; quand il y en a 2 ou 3, les chiffres indiqués représentent 2 ou 3, et ainsi de suite.

Le chiffre 0 est représenté par 10 jambages, et le nombre 10 par un jambage seul séparé et suivi de 10 jambages,

Entre chaque chiffre il y a un petit espace et entre les nombres un

espace un peu plus grand. L'exemple indiqué sur ce dessin représente d'abord le nombre de 4 chiffres, 1659, car il y a comme premier signe 1 jambage, puis 6 autres, puis 5 autres, puis 9 autres ; les espaces entre ces chiffres sont plus petits que celui qui sépare ce nombre d'avec son voisin, 253. En suivant le même raisonnement, on reconnaît dans les deux autres assemblages de chiffres les nombres 38 et 18.652.625 unités qu'avec un peu d'habitude on peut lire très-facilement.

DISTRIBUTEUR. — La touche C, avons-nous dit, doit son mouvement à l'action des aimants dont la fonction est aussi intermittente. Un distributeur, à peu près analogue à celui que nous avons expliqué en parlant des moteurs électriques, accomplit cette fonction très-convenablement et très-facilement, puisqu'il suffit de faire tourner un cadrau horizontal composé seulement de 10 signes ou chiffres.

Ce cadran G^3 est représenté en plan fig. 12. Il se compose d'une roue portant 5 dents et 5 creux, de manière à correspondre aux dix chiffres arabes. Il reçoit le courant électrique d'un fil G' et le transmet par un autre fil G^2 qui se termine par une tige de cuivre x', touchant tangentiellement la roue G^3. Tant que cette tige est en contact avec une dent de la roue, l'électricité passe dans les hélices, attire la touche, fait basculer la plume et produit par suite un jambage; lorsqu'au contraire la tige x' est en face d'un creux, le courant est intercepté, la touche s'éloigne de l'électro-aimant par la puissance du ressort C^4 et fait tracer au crayon un nouveau jambage et ainsi de suite. De sorte que, pour écrire sur le papier le nombre 4, par exemple, il faut faire tourner la roue G^3 de deux dents et de deux creux, ce qui a fait passer et intercepter deux fois le courant électrique, et ce qui a produit deux attractions et deux répulsions de la touche, de la plume et du crayon, qui par suite a tracé quatre jambages.

L'axe y' de la roue G^3 porte à sa partie inférieure une roue à rochet pour éviter que par maladresse ou distraction on ne vînt à faire tourner l'appareil en sens contraire, et la partie supérieure reçoit une lunette s' percée de dix trous z', laissant apercevoir les dix chiffres n', noyés dans le socle en bois. En regard de chacune des lunettes se trouve un bouton t' par lequel l'expérimentateur saisit le plateau s' pour l'amener au point O qui se trouve vis-à-vis le bouton fixe t^2. S'il veut produire le chiffre 5, c'est le bouton placé en regard de ce nombre qu'il amène au point O, et de même pour les autres nombres.

TAMBOUR MOBILE. — Ce tambour G, est en bronze, tourné parfaitement cylindrique, et supporté par un axe K fileté d'un côté, et muni de l'autre d'une manivelle k. Sur toute sa surface on enroule une feuille de papier que l'on colle bout à bout et que l'on maintient en place à l'aide du mécanisme qui est dessiné en détail, fig. 16. C'est tout simplement un fil de soie attaché en g' et enroulé sur l'extérieur du tambour, de manière à venir retrouver en g^2 ce même point g', mais alors en s'attachant à un ressort à boudin k' accroché lui-même à un anneau k^2 dépendant du tam-

bour G. Cette disposition est suffisante pour donner la tension nécessaire et maintenir le papier sans glissement.

L'axe K est fileté dans une partie de sa longueur et s'engage justement de ce côté dans un coussinet *l* fileté comme un écrou et dépendant d'un double support L' dont le second coussinet *l'* est cylindrique pour permettre le glissement de la partie unie. Le mouvement de rotation est imprimé par un mécanisme d'horlogerie I, renfermé dans la boîte *i* et muni d'une ailette ou volant i^4 qu'on peut arrêter à volonté au moyen du crochet léger i^2. Tout s'arrête alors comme une horloge dont on arrêterait le balancier.

En dehors de la boîte et sur l'axe d'un des mouvements on a rapporté un toc à contre-poids i^3 qui entraîne dans son mouvement la manivelle *k* et procure ainsi au tambour un mouvement lent de rotation sur son axe et de translation par les filets engagés dans l'écrou-coussinet fixe *l*. On obtient ainsi une écriture régulière formant une hélice continue et emplissant toute la surface du papier en un temps donné.

Disposition intérieure du socle et marche de l'appareil. — Par la figure 11 qui représente ce socle Z', découvert, et par le plan d'ensemble, fig. 8, on reconnaît que les fils de la pile s'attachent, le positif en S et le négatif en T.

Le fil positif amène l'électricité et lui fait parcourir le fil S, en suivant ses sinuosités, jusqu'au point O, où elle s'arrête non sans avoir communiqué également dans son passage le courant jusqu'au point L, par le fil L^3 qui se relie avec le fil a^2.

Le fil négatif amène de même l'électricité et lui fait parcourir toute la longueur du fil T jusqu'au point P, mais ce fil ayant aussi une communication en a^3, une seconde branche, amène de la même manière le courant jusqu'en N. Les points M et N représentent donc les extrémités du courant qu'il s'agit de mettre en communication pour obtenir les effets télégraphiques, soit de l'inscription de la dépêche, soit de l'avertissement préalable, etc.

A chacun de ces points M et N est appliquée une manivelle à pomme d'ivoire servant à établir le conduit suivant certaines conditions selon qu'on place ces manivelles d'une part sur les plaques O et P (fig. 8), et de l'autre sur les plaques Q et R dont l'indication est gravée en dessous et qui servent :

La première O, pour marcher *avec* la pile;

La deuxième P, pour marcher *sans* la pile;

La troisième Q, pour faire les signaux écrits;

La quatrième R, pour faire les signaux d'appel.

Ainsi, si la manivelle M touche la plaque O, le télégraphe est mis en communication avec la pile, tandis qu'au contraire si elle touche la plaque P, la communication avec la pile est interdite. De même, si la manivelle N touche la plaque Q, l'électricité passe de la plaque à la manivelle

et sert à écrire les dépêches, tandis qu'en amenant la même manivelle sur la plaque R on fait agir les signaux d'appel, c'est-à-dire le timbre X dont nous avons parlé.

Examinons de quelle manière ces combinaisons se réalisent.

Les deux manivelles étant placées comme sur le dessin, l'électricité positive passe par la manivelle R, suit le fil V et sort de l'appareil en parcourant le fil télégraphique. L'électricité négative, qui a été amenée par le fil T, traverse la manivelle N, passe par le fil, traverse les deux hélices des bobines A, sort de ces hélices par le fil a^2, suit le fil L jusqu'en R, passe enfin par la roue distributrice G^3 pour suivre définitivement le fil U et la ligne télégraphique. Le circuit est alors complet.

Si l'on place la manivelle M sur la plaque P, l'électricité positive se trouvant arrêtée au point O, l'appareil n'est plus en communication qu'avec un seul fil de la pile, ce qui ne peut rien produire.

Si l'on place la manivelle N sur la plaque R, l'électricité négative passe par l'électro-aimant contenu dans la boîte du timbre, et, attirant une touche communiquant avec le marteau Y, fait frapper sur le timbre X. On fait sonner une deuxième ou une troisième fois en changeant et en remettant la manivelle en place et aussi brusquement qu'on le désire.

Pour transmettre la dépêche alors que toutes les communications sont bien établies avec les fils de la pile, et de la ligne, on place la manivelle M pour établir la liaison avec la pile et agissant sur celle N, on fait sonner plusieurs fois le timbre-signal, opération que l'on répète chaque fois que l'on commence ou finit une correspondance, puis on remet cette manivelle sur la plaque Q et l'on écrit les nombres comme nous l'avons indiqué en amenant chacun des chiffres au bouton correspondant à ces chiffres en regard de la touche d'ivoire t', et la dépêche est inscrite régulièrement, quelle que soit la distance.

Depuis l'exécution du télégraphe décrit ci-dessus, M. Froment en a proposé un autre auquel il travaillait depuis 1849, et dont en 1850 et 1851 il montrait les résultats merveilleux. Ce télégraphe est à clavier rectiligne comme un petit piano à quatre octaves. Il se distingue de tous les autres télégraphes à clavier par une série de dispositions très-habilement imaginées.

Nous citons textuellement le rapport de M. Pouillet sur cet instrument.

« On sait que le télégraphe électrique a reçu diverses formes entre lesquelles on cherchera longtemps la meilleure. Certains appareils transmettent aux plus grandes distances, et avec toute la rapidité de la pensée, jusqu'à 1,000 ou 1,200 signes par minute; d'autres n'en peuvent transmettre que 2 ou 300 dans le même intervalle de temps. Ces derniers, cependant, ne sont pas de tout point inférieurs aux premiers; car il faut tenir compte d'une foule de circonstances : de la facilité avec laquelle les appareils se règlent et maintiennent leur accord, de la fidélité avec laquelle ils fonctionnent, des erreurs qui peuvent être commises, des préparatifs plus ou moins longs qu'exigent les dépêches avant d'être présentées aux appareils.

« Les télégraphes qui agissent au moyen des électro-aimants paraissent, par leur nature, devoir être moins rapides que ceux qui agissent soit par l'action chimique, soit par le mouvement d'une simple aiguille aimantée, parce que les masses à mouvoir sont plus considérables, et parce que le mouvement ne s'accomplit que par une série de décompositions et de recompositions des fluides magnétiques dans les branches de l'électro-aimant et dans la pièce de contact.

« Tous les télégraphes à cadran agissent par des électro-aimants; c'est le mouvement de va-et-vient de la pièce de contact qui se transforme en mouvemeut de rotation, et qui donne à l'aiguille cette marche régulière et saccadée au moyen de laquelle elle parcourt successivement tous les signes du cadran, s'arrêtant un instant (le plus 1/5e ou 1/6e de seconde) vis-à-vis le signe qu'elle doit montrer à l'observateur qui reçoit la dépêche. Ainsi, les télégraphes à cadran ne seront probablement jamais parmi ceux qui peuvent transmettre le plus grand nombre de signes dans un temps donné. D'ailleurs ils ont encore en eux-mêmes une autre cause de retard, c'est que l'aiguille, ayant une circonférence entière à parcourir pour revenir à la même position, il en résulte que, pour passer d'un signe au signe suivant de la dépêche, l'aiguille a moyennement une demi-circonférence à parcourir, et la pièce de contact un nombre de vibrations à faire égal à la moitié du nombre des vibrations qui correspondent à la circonférence entière.

« Cependant, malgré cette infériorité qui semble inhérente aux télégraphes à cadran, il est probable que leur usage sera maintenu, à cause des avantages de simplicité et de sécurité qu'ils présentent.

« La nouvelle invention de M. Froment s'applique à tous les télégraphes à cadran, et nous allons essayer de faire comprendre ce qui la caractérise.

« L'appareil se compose d'un petit clavier horizontal et rectiligne; mais au-dessus de la caisse du clavier est une petite boîte semblable à celle d'une pendule portant une sonnerie, un électro-aimant, un cadran vertical et une aiguille destinée à parcourir tous les signes télégraphiques de ce cadran. Ces signes sont reproduits dans le même ordre sur les touches du clavier.

« L'aiguille étant en repos et l'appareil réglé, si l'on veut faire un signe quelconque, il suffit de poser le doigt sur la touche qui le porte, alors l'aiguille du cadran se met en mouvement et vient s'arrêter vis-à-vis ce signe, comme pour le montrer à l'opérateur. A la suite de ce signe, veut-on en faire un second? l'on porte le doigt sur la touche correspondante, et l'aiguille, reprenant aussitôt son mouvement, vient marquer le deuxième signe; de même un troisième, un quatrième, et une série indéfinie.

« On comprend que celui qui reçoit la dépêche à une distance quelconque de quelques kilomètres ou de quelques centaines de kilomètres, a devant lui un appareil semblable; mais il n'a rien à faire qu'à regarder l'aiguille de son cadran, dont la marche est toujours d'accord avec celle de l'aiguille de l'opérateur qui envoie la dépêche, et à conserver dans sa mémoire les signes qu'elle lui montre, ou à les écrire à mesure qu'ils se produisent. C'est seulement lorsqu'il voudra à son tour prendre la parole, qu'il mettra le doigt sur les touches de son clavier.

« L'accord des deux *récepteurs*, ou des deux cadrans de la station qui envoie la dépêche et de celle qui la reçoit, se règle comme à l'ordinaire. Cependant nous pouvons ajouter que les mécanismes de M. Froment sont disposés avec de telles conditions, qu'il paraît presque impossible que l'accord ne se maintienne pas une fois qu'il est établi.

« On voit, d'après cela, que la transmission d'une dépêche s'exécute à peu près comme un morceau de musique sur un instrument à touches. Remarquons toutefois qu'il ne faudrait pas exécuter ici comme sur le piano, où il suffit d'avoir frappé la touche à l'instant pour que le son soit produit, mais qu'il faut exécuter comme sur l'orgue ou l'harmonium, où le son a l'avantage de se soutenir pendant un temps plus ou moins long. En effet, il est indispensable de maintenir le doigt sur la touche assez longtemps pour que l'aiguille arrive au signe correspondant; car elle ne va pas d'un saut du point où elle est au point où elle doit arriver; elle n'y marche que progressivement, en recevant autant d'impulsions qu'elle a de signes à franchir, et il faut le temps nécessaire pour qu'elle reçoive successivement toutes ces impulsions qui lui viennent d'autant de vibrations de l'électro-aimant. Cette circonstance impose à l'appareil une condition indispensable, savoir, que l'opérateur reconnaisse avec certitude l'instant où il peut passer d'une touche à une autre; car s'il lève le doigt trop tard, il a perdu du temps inutilement; s'il lève le doigt trop tôt, le signe qu'il voulait faire est manqué : il n'est pas mal fait, mais il est éludé, et ne paraît pas dans la dépêche. Or, cette durée de la pression, que le musicien apprécie si bien par l'oreille dans l'orgue et l'harmonium, l'opérateur peut l'apprécier ici par un double caractère, par un son qui cesse et par un son qui se produit à l'instant où le signe se fait; de plus, il peut jeter les yeux sur l'aiguille de son récepteur pour reconnaître si elle est en effet d'accord avec la touche.

« On pourrait craindre cependant que l'accord du clavier avec l'aiguille du cadran ne reposât sur des ajustements délicats difficiles à rétablir et surtout à maintenir, et que l'introduction du clavier ne devînt ainsi une complication dont les inconvénients compensent largement les avantages. Nous répondrons à ces craintes par un fait : on peut passer la main sur les touches d'un bout à l'autre du clavier autant de fois que l'on voudra, pressant en même temps ou plusieurs touches, ou une seule, sans qu'il en résulte la moindre perturbation dans l'accord du clavier avec l'aiguille du cadran. Il n'y a donc là rien qui doive inquiéter. Le clavier tel que M. Froment l'établit offre de nombreux avantages, sans aucun inconvénient. On en verra au reste la preuve et la raison dans la disposition de tout le mécanisme dont nous allons essayer de donner une idée.

« Une tige horizontale d'acier, de la longueur du clavier et de 5 ou 6 millimètres de diamètre, tourne sur elle-même au moyen d'un mouvement d'horlogerie dont la vitesse se règle à volonté par un petit volant. Elle porte à l'une de ses extrémités une roue à commutateur électrique, telle que M. Froment les établit depuis longtemps, et à l'autre extrémité une roue à rochet ayant autant de dents qu'il y a de signes sur le clavier ou sur le cadran. C'est la rotation de cet arbre qui fait fonctionner l'appareil, et pendant qu'il fait une révolution, l'aiguille fait un tour. Pour cela il suffit que la roue du commutateur ait autant de dents qu'il y a de signes, car une dent et un intervalle non conducteur déterminant dans l'électro-aimant une double vibration de la pièce de contact, l'aiguille passera d'un signe au suivant. Ainsi, l'arbre d'acier ayant un mouvement de rotation uniforme, l'aiguille du cadran accomplirait autant de révolutions que lui, et rien n'est plus facile que de régler cette vitesse de rotation de l'arbre, pour qu'elle atteigne et pour qu'elle ne dépasse pas la limite des vibrations que l'électro-aimant est susceptible de produire. La parfaite uniformité de la rotation due au mouvement d'horlogerie donne le moyen d'approcher de cette limite autant qu'on voudra. C'est ainsi que l'appareil de M. Froment a ce précieux avantage d'obtenir, du côté de la vitesse, tout ce qu'il est possible d'obtenir des systèmes dans lesquels on emploie les électro-aimants.

« Essayons de faire comprendre maintenant comment chaque touche remplit sa double fonction, savoir, 1° celle de donner à l'arbre d'acier la liberté de tourner; 2° celle de l'arrêter à point, pour que l'aiguille du cadran marque le signe de la touche.

« La roue à rochet de l'arbre est arrêtée par un cliquet qui se lève lorsqu'on vient à presser sur un prolongement qu'il porte au delà de son axe de rotation. Une bande de métal mince, rigide, parallèle à l'arbre d'acier et s'abaissant parallèlement à elle-même par une pression, est destinée à lever ce cliquet. Chaque touche, en s'abaissant, vient s'appuyer sur cette bande disposée de champ, et lui donne la pression convenable pour qu'elle agisse sur le cliquet. C'est ainsi que chaque touche accomplit sa première fonction. Que l'on mette le doigt sur la première, ou sur la dernière, ou sur une autre quelconque, ou sur plusieurs en même temps, la bande de métal s'abaisse, lève le cliquet, et l'arbre d'acier se met en mouvement, prenant presque immédiatement, à cause de son peu de masse relative, la vitesse normale pour laquelle est réglé le mouvement d'horlogerie.

« Maintenant, pour que le mouvement s'arrête à l'instant voulu, pour faire le signe qui appartient à la touche, l'arbre d'acier est armé d'autant de bras qu'il y a de touches. Ces bras, qui sont des fils d'acier de 2 centimètres de longueur, sont plantés perpendiculairement à l'arbre, également espacés, leurs points d'attache formant une hélice dont le pas est égal à la longueur du clavier. En même temps, chaque touche porte en dessous une dent contre laquelle vient heurter le bras correspondant lorsque la touche est baissée. C'est ce choc qui avertit l'opérateur qu'il peut lever le doigt et passer à un autre signe. Au même instant s'arrête aussi l'espèce de bourdonnement d'horlogerie, ce qui constitue le double caractère dont nous avons parlé, au moyen duquel l'opérateur règle la vitesse, et en quelque sorte le rhythme et la mesure de son exécution.

« Aussitôt que la touche devient libre, elle se relève; la bande de métal se relève d'elle-même par un ressort, et le cliquet rentre dans la roue à rochet pour suspendre le mouvement jusqu'à ce qu'une autre touche soit pressée à son tour. Ce mécanisme est d'une fidélité et d'une simplicité remarquables; c'est par là que M. Froment évite dans son appareil la plupart des chances d'erreur.

« Telle est l'idée sommaire que nous pouvons donner en peu de mots de la nouvelle invention de M. Froment. Nous ne pouvons pas mieux la caractériser qu'en disant que cette invention est digne de la réputation que l'inventeur s'est acquise par sa rare habileté. »

Accessoires. — Les appareils télégraphiques proprement dits sont accompagnés d'accessoires très-intéressants qui aident aux opérations ou qui complètent ces dernières de manière à remplir exactement toutes les conditions et à parer même aux inconvénients qui pourraient survenir; nous connaissons déjà une partie de ces accessoires en tête desquels il faut mettre la pile, l'électro-aimant et les machines magnéto-électriques; nous ajouterons donc que l'on fait usage d'appareils *interrupteurs du courant galvanique* dont le nom indique assez suffisamment l'emploi, *de relais*, c'est-à-dire d'appareils destinés à mettre en action une seconde pile, au moyen du courant produit par une première pile à distance, *de multiplicateurs galvanomètres, boussoles*, etc.

Tout le monde a remarqué les poteaux souteneurs des lignes télégraphiques; ils ne sont pas d'une disposition semblable dans tous les pays. En Angleterre, c'est une pièce de bois sur laquelle on rapporte une plaque à disques en faïence : un petit toit recouvre le tout, et ce toit est garni lui-même d'un parafoudre. En Allemagne, le poteau est recouvert d'un chapeau de porcelaine entaillé pour recevoir les fils. En France, le poteau est garni d'un support à anneau abritant le fil qui passe dans son intérieur. On le construit habituellement en brins ou soliveaux de pin ou de sapin de 6 à 9 mètres de longueur, que l'on injecte de sulfate de cuivre par le procédé Boucherie, pour augmenter la durée de leur conservation; on les écorce et on les fiche en terre, les plus petits à une profondeur de 1m 50, les plus élevés à une profondeur de 2 mètres; la partie enterrée est parfaitement préservée par le sulfate de cuivre. Pour traverser les passages de niveau ou passer par-dessus les bâtiments des stations, les poteaux ont 9m 50 de hauteur.

Les fils sont en fer ou en cuivre; dans le premier cas, ils sont galvanisés. Quand ces fils conducteurs doivent être enfouis dans le sol, comme ceux qui passent sous le pavé des villes, ils sont en cuivre. Si l'on ne veut pas employer la gutta-percha pour les enduire, on les recouvre de coton imbibé de goudron jusqu'à saturation et on les assemble dans des tuyaux de plomb par groupes de trois, quatre ou plus. Le tuyau de plomb, recouvert d'une corde goudronnée, est placé lui-même dans un tuyau de conduite en fer. De distance en distance les bouts des divers fils sortent ensemble de terre et sont fixés à des poteaux appelés *poteaux visiteurs*.

Tarifs. — Nous complétons les documents sur les télégraphes en donnant les différents tarifs des principales nations. Pour la France nous donnons tout au long la loi des 3 juillet et 18 et 29 novembre 1850.

LOI SUR LA CORRESPONDANCE TÉLÉGRAPHIQUE PRIVÉE.

L'Assemblée nationale a adopté la loi dont la teneur suit :

Art. 1er. Il est permis à toute personne dont l'identité est établie de correspondre au moyen du télégraphe électrique de l'État, par l'entremise des fonctionnaires de l'administration télégraphique.

La transmission de la correspondance télégraphique privée est toujours subordonnée aux besoins du service télégraphique de l'État.

Art. 2. Les dépêches, écrites lisiblement, en langage ordinaire et intelligible, datées et signées des personnes qui les envoient, sont remises par elles ou par leurs mandataires au directeur du télégraphe, et transcrites dans leur entier avec l'adresse de l'expéditeur sur un registre à souche. Cette copie est signée par l'expéditeur ou par son mandataire, et par l'agent de l'administration télégraphique.

Sont exemptés de la transcription sur le registre à souche les articles destinés aux journaux et les dépêches relatives au service des chemins de fer.

Art. 3. Le directeur du télégraphe peut, dans l'intérêt de l'ordre public et des bonnes mœurs, refuser de transmettre les dépêches. En cas de réclamation il en est

référé à Paris au ministre de l'intérieur, et dans les départements au préfet ou au sous-préfet, ou à tout autre agent délégué par le ministre de l'intérieur. Cet agent, sur le vu de la dépêche, statue d'urgence.

Si, à l'arrivée au lieu de destination, le directeur estime que la communication d'une dépêche peut compromettre la tranquillité publique, il en réfère à l'autorité administrative, qui a le droit de retarder ou d'interdire la remise de la dépêche.

Art. 4. La correspondance télégraphique privée peut être suspendue par le gouvernement, soit sur une ou plusieurs lignes séparément, soit sur toutes les lignes à la fois.

Art. 5. Tout fonctionnaire public qui viole le secret de la correspondance télégraphique est puni des peines portées en l'art. 187 du Code pénal.

Art. 6. L'État n'est soumis à aucune responsabilité à raison du service de la correspondance privée par la voie télégraphique.

Art. 7. Les dépêches télégraphiques privées sont soumises à la taxe suivante qui est perçue au départ.

Pour une dépêche de un à vingt mots, il est perçu un droit fixe de 3 francs, plus 12 centimes par myriamètre.

Au-dessus de vingt mots, la taxe précédente est augmentée d'un quart, pour chaque dizaine de mots ou fraction de dizaine excédant.

Sont comptés dans l'évaluation des mots l'adresse, la date et la signature.

Les chiffres sont comptés comme s'ils étaient écrits en toutes lettres.

Toute fraction de myriamètre est comptée comme un myriamètre.

Lorsqu'il sera établi un service de nuit la taxe sera augmentée de moitié pour les dépêches transmises la nuit.

Le ministre de l'intérieur est autorisé à concéder des abonnements à prix réduit pour la transmission des nouvelles qui se rapportent au service des chemins de fer.

Art. 8. En payant double taxe, les particuliers ont la faculté de recommander leurs dépêches. Toute dépêche recommandée est vérifiée par une répétition de la dépêche faite par le directeur destinataire.

Art. 9. Indépendamment des taxes ci-dessus spécifiées, il est perçu pour le port de la dépêche, soit au domicile du destinataire, s'il réside au lieu de l'arrivée, soit au bureau de la poste aux lettres, un droit de 50 centimes dans les départements et de 1 franc pour Paris.

Si le destinataire ne réside pas au lieu d'arrivée, la dépêche lui sera transmise sur la demande et aux frais de l'expéditeur par exprès ou estafette. Les conditions de ce service seront fixées par le règlement à intervenir en vertu de la présente loi.

Art. 10. Les dépêches sont transmises selon l'ordre d'inscription pour chaque destination.

L'ordre des transmissions entre les diverses destinations est réglé de manière à les servir utilement et également.

Toutefois la transmission des dépêches dont le texte dépasserait cent mots, peut être retardée pour céder la priorité à des dépêches plus brèves quoique inscrites postérieurement.

Les dépêches relatives au service des chemins de fer qui intéresseraient la sécurité des voyageurs pourront, dans tous les cas, obtenir la priorité sur les autres dépêches.

Art. 11. La présente loi recevra son exécution à partir du 1er mars 1851.

Le service de la correspondance télégraphique privée, les conditions nécessaires pour constater l'identité des personnes et les dispositions réglementaires de la comp-

tabilité, seront réglés par un arrêté concerté entre le ministre de l'intérieur et le ministre des finances. Cet arrêté sera converti en un règlement d'administration publique dans l'année qui suivra la promulgation de la présente loi.

Délibéré en séance publique à Paris, les 3 juillet, 18 et 29 novembre 1850.

Le président et les secrétaires,

Signé : DUPIN, ARNAUD (*de l'Ariége*), CHAPOT, BÉRARD, DE HEECKEREN, PEUPIN.

La présente loi sera promulguée et scellée du sceau de l'État.

Le président de la République,

Signé : LOUIS-NAPOLÉON BONAPARTE.

Le garde des sceaux, ministre de la justice.

Signé : T. ROUHER.

ANGLETERRE. — *Tarifs.* — *Taxe pour vingt mots.*

Un penny par mille pour les premiers 50 milles, soit 62.5 centimes par myriamètre pour les premiers 80 kilomètres.

1/2 penny par mille pour les seconds 50 milles, ou 31.2 centimes pour les seconds 80 kilomètres.

1/4 penny pour toute distance au delà de 100 milles, ou 15.6 centimes par myriamètre pour toute distance au delà des 161 premiers kilomètres.

N. B. Aucune taxe ne peut être au-dessous de 2 schillings 6 pences (3 fr. 10 cent.).

La taxe est augmentée de moitié en sus pour chaque dizaine de mots ou fraction de dizaine de mots au-dessus de 20 mots.

Le port des dépêches est taxé à 1 schilling par mille. Il n'est jamais au-dessous d'un schilling.

Il s'en faut, au reste, beaucoup que ce tarif soit invariable et uniforme pour toutes les lignes. Il change, au contraire, non-seulement d'une ligne à l'autre, mais encore pour une même ligne, suivant les circonstances. Voici quel était au commencement de l'année le prix de la transmission des dépêches sur quelques lignes télégraphiques principales.

De Londres	Distance.	Prix par mot pour toute distance.	Prix par mot et par millimètre.
A Douvres	112	44 cents	0.310 cents
Birmingham	180	39	0.217
Stafford	211	39	0.185
Derby	211	42	0.199
Norwich	202	42	0.208
Nottingham	212	42	0.198
Yarmouth	233	42	0.180
Liverpool	336	51	0.152
Leeds	211	51	0.242

Manchester..............	315	51	0.162 cents.
York....................	352	54	0.153
Edimbourg	650	78	0.120
Glasgow................	658	84	0.128

AMÉRIQUE. — *The magnetic Telegraph Company.*

Le dollar vaut 5 fr. 42 c. et le cent 0.0542.

De Washington à New-York.

De Washington	Distance.	Premiers dix mots.	Chaque mot en plus.
A Baltimore.............	64 kilom.	10 cents	1 cents
Philadelphie...........	251	30	3
Trenton (New-Jersey)...	296	45	4
Princetown (*Id.*)......	311	50	5
New-York.............	653	50	5

Washington and New-Orléans Telegraph Company.

Georges-Town.........	3 kilom.	15 cents	1 cents
Richemond............	195	27	1
Fayetteville...........	562	50	3
Charles-Town.........	1036	79	4
Columbus.............	1930	135	7
New-Orleans (Louisiane).	2761	200	10

PRUSSE. — La moyenne du prix exigé par le gouvernement pour les correspondances privées est de 3 centimes environ par kilomètre pour les premiers vingt mots. La progression est décroissante.au-dessus de vingt mots. On paye en outre un droit fixe de commission.

TITRES DES BREVETS FRANÇAIS DEMANDÉS POUR DES APPAREILS SERVANT A LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

Inventeurs.	*Durée.*	*Date.*
LAVINE. — Nouvelle méthode propre à donner des signaux et à sonner des alarmes, par le moyen de courants électriques transmis au travers de circuits métalliques	10—30 mai	1838.
MORSE. — Système de télégraphe fondé sur l'électro-magnétisme, dit télégraphie de Morse.	15—30 oct.	1838.
BOGGETT. — Perfectionnements dans la production et la régularisation des courants électriques applicables à divers usages.	10—27 avril	1844.
DUJARDIN. — Télégraphe électrique.	15— 9 janv.	1845.
HIGHTON. — Perfectionnements applicables aux télégraphes électriques.	13—24 fév.	1845.
DUJARDIN. — Télégraphe électrique semblable au télégraphe aérien employé actuellement en France, sous le nom de système horizontal.	15—13 mai	1845.
KYAN.—Perfectionnements apportés à l'organisation des télégraphes électriques.	15—19 sept.	1845.
BAIN. — Application du fluide électrique aux télégraphes et aux pendules, par un système perfectionné.	13—16 mai	1846.
NOTT. — Télégraphe électro-magnétique à action directe.	14—11 mai	1846.
BRETT. — Télégraphe magnétique ou galvanique pour imprimer des lettres ou caractères.	13—26 mai	1846.
HIGHTON. — Perfectionnements dans les télégraphes électriques.	14— 8 août	1846.

MAPPLE ET BROWN. — Appareils pour télégraphes électriques. 14—24 juil. 1847.

BAIN. — Système de télégraphie et appareils télégraphiques électriques. 13—26 juil. 1847.

BRETT ET LITTLE. — Perfectionnements apportés aux télégraphes électriques. 14—27 août 1847.

DUJARDIN. — Télégraphe électrique. 14—11 déc. 1847.

HIGHTON. — Perfectionnements dans la construction des télégraphes électriques. 14—18 août 1848.

BACHHOFFNER. — Système de télégraphie électrique. 13— 5 mai 1849.

BRÉGUET. — Télégraphe électrique mobile. 15— 2 oct. 1849.

BAIN. — Système de télégraphe électrique. 15—29 mai 1849.

BASSE.—Perfectionnements dans les moyens de transmettre, des communications d'un endroit à un autre, de l'électricité, du galvanisme et du magnétisme. 15—20 juil. 1849.

HENLEY.—Certains perfectionnements dans les télégraphes électriques et les appareils qui en dépendent. 15—17 déc. 1849.

PULVERMACHER. — Perfectionnements dans la construction de machines électro-magnétiques et magnéto-électriques, ayant pour but de produire des télégraphes agissant avec célérité. 13— 5 juil. 1850.

PAINE. — Appareil électro-magnétique. 14—25 juil. 1850.

SIEMENS. — Perfectionnements apportés aux télégraphes électriques. 15—30 mars 1850.

RUDOLPH-RARDSCH. — Télégraphe électro-magnétique imprimeur. 6— 8 juin 1850.

DUMONT. — Perfectionnements et applications à la télégraphie électrique. 15— 9 sept. 1850.

BROWN ET WILLIAMS. — Perfectionnements dans les télégraphes électriques et magnétiques, pour indiquer et transmettre des nouvelles. 14—23 sept. 1850.

HIGHTON.—Perfectionnements dans les télégraphes électriques et dans la manière d'opérer les communications électriques télégraphiques, 14—23 déc. 1850.

WOLLASTON. — Mode de préparation et disposition des fils destinés à la transmission du fluide électrique pour les télégraphes sous-marins et autres. 15—23 sept. 1850.

BRISBART-GOBERT ET BRÉGUET. — Appareils télégraphiques. 15— 5 déc. 1850.

NOLLET. — Perfectionnements dans les moyens et appareils propres à développer l'électricité, et l'application de cet agent physique à divers usages. 15—26 avril 1851.

FROMENT. — Télégraphe électrique à clavier. 15—13 janv. 1851.

ERCKMANN. — Télégraphe électrique. 15—24 avril 1851.

ALLAN. — Perfectionnements apportés aux télégraphes électriques. 13—26 mai 1851.

TITRES DES PATENTES ANGLAISES DEMANDÉES POUR DES APPAREILS SERVANT A LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

Inventeurs. *Dates.*

COOKE ET WHEATSTONE. — Moyen de communiquer les signaux et le son à de grandes distances, par un courant électrique passant à travers des circuits métalliques. 12 juin 1837.

JAMES. — Télégraphe électrique. 22 déc. 1837.

W. COOKE. — Construction d'appareils propres à transmettre des signaux et à répandre l'alarme à de grandes distances, à l'aide de courants électriques passant à travers des circuits métalliques. 18 avril 1839.

DAVY. — Appareil pour transmettre des signaux télégraphiques par le moyen de l'électricité, applicable à la production et à la régularisation des courants électriques pour d'autres usages. 4 juil. 1839.

WHEATSTONE, FOTHERGILL ET COOKE. — Moyen de transmettre les signaux par des courants électriques. 21 janv. 184[illegible]

BAIN. — Moyen de produire et de régler les courants électriques, et de les appliquer à l'impression et aux signaux télégraphiques. 27 mai 1844.

HIGHTON. — Télégraphe électrique. 10 juil. 1844.

WHEATSTONE, FOTHERGILL ET COOKE. — Télégraphe électrique et appareils pour le faire fonctionner. 6 mai 1845.

BAIN. — Construction des télégraphes et des timbres électriques. 25 sept. 1845.

BRETT. — Moyen de transmettre les communications imprimées par le télégraphe électrique. 13 nov. 1845.

HIGHTON. — Nouveaux télégraphes électriques. 3 févr. 1846.

MAPPLE. — Machines pour transmettre l'électricité d'un endroit à un autre et construction d'un nouveau télégraphe électrique. 27 oct. 1846.

BAIN. — Système de transmission des nouvelles par le télégraphe électrique. 12 déc. 1846.

POOLE. — Perfectionnements dans l'emploi et l'application du télégraphe électrique. 14 déc. 1846.

DOUGLAS-PITT-GAMBLE. — Construction des télégraphes électriques. 11 janv. 1847.

JOWETT. — Perfectionnements dans les communications télégraphiques. 23 janv. 1847.

BRETT (A.) ET LITTLE (G.). — Télégraphes électriques et appareils employés pour cet usage. 11 févr. 1847.

HUTCHER. — Télégraphes, horloges et chronomètres électriques. 23 mars 1847.

DUJARDIN (A.-J.). — Télégraphes électro-magnétiques. 7 oct. 1847.

PETRIE (G.). — Nouvelle disposition de télégraphe électrique. 26 oct. 1847.

REID. — Moyen d'établir des communications par l'électricité et appareils employés pour cet usage. 23 nov. 1847.

HIGHTON. — Système de télégraphes électriques. 25 janv. 1848.

BRETT. — Construction de télégraphes électriques. 8 févr. 1848.

BARLOW. — Nouveaux télégraphes électriques et appareils accessoires. 27 avril 1848.

HENLEY ET FORESTER. — Perfectionnements dans les communications télégraphiques et dans l'appareil appliqué à cet usage. 10 août 1848.

LEWIS-RICARDO. — Construction des télégraphes électriques. 4 sept. 1848.

WEARE ET PIGGOTT. — Batterie électrique et moyen de produire la lumière électrique et d'appliquer l'électricité à la transmission des signes de correspondance. 4 juil. 1849.

BROWN ET WILLIAMS. — Nouveau télégraphe et horloges électriques. 18 juil. 1849.

HIGHTON. — Perfectionnements dans les télégraphes et les communications électriques. 7 févr. 1850.

BROWN. — Perfectionnements dans les appareils électriques et galvaniques pour communications intellectuelles. 7 mars 1850.

CLARK. — Perfectionnements dans les télégraphes électriques et machines qui s'y rapportent. 12 nov. 1850.

SHEPHERD. — Perfectionnements dans les moyens pour appliquer l'envoi des dépêches télégraphiques en plusieurs endroits. 23 nov. 1850.

NEWTON. — Modes de transmission des dépêches par l'électricité. 3 févr. 1851.

DUMONT. — Moyens perfectionnés et appareils électriques pour transmettre les nouvelles. 7 févr. 1851.

LITTLE. — Perfectionnements apportés aux télégraphes électriques et aux appareils qui s'y rapportent. 14 mars 1851.

FONTAINE-MOREAU. — Perfectionnements dans les télégraphes électriques. 3 mai 1851.

NOTICES INDUSTRIELLES.

MACHINE A VAPEUR HORIZONTALE, PAR MM. THOMAS ET LAURENS.

On sait que depuis longtemps ces habiles ingénieurs se sont attachés à faire des machines simples et économiques pour les établissements industriels. On a pu voir de leurs moteurs à vapeur actionnant directement les cylindres de laminoirs, afin de supprimer les transmissions de mouvement. Ils ont également fait des applications analogues pour faire mouvoir les cylindres des piles à papier, qui, comme on sait, exigent presque toujours des engrenages de grande dimension, d'un poids très-lourd, et susceptibles de se rompre.

Ils viennent encore d'établir, pour l'huilerie de M. Darblay, à Corbeil, une machine horizontale à condensation et à détente variable, avec laquelle on a obtenu, sous le rapport de l'économie de combustible, des résultats très remarquables.

Cette machine a été construite sous leur direction, dans les ateliers de M. Farcot, à Saint-Ouen; elle est à un seul cylindre de $0^{m}56$ de diamètre placé horizontalement, ainsi que la pompe à air qui est à double effet, le tout reposant sur un bâtis de fonte qui lui donne une grande solidité.

La première expérience, faite le 2 mai dernier, avec du charbon *tout venant* de Charleroy, a donné au frein une force de 35 chevaux, à la pression de 4 3/4 à 5 atmosphères; la vapeur introduite dans le cylindre pendant le 1/17ᵉ de la course du piston seulement, la consommation n'a pas dépassé 1 kil. 43 de houille par heure et par cheval.

Au second essai, effectué avec le frein chargé à 50 chevaux, la consommation n'a été que de 1 kil. 36 par cheval; la pression de la vapeur était la même, mais l'introduction avait lieu pendant le 1/13ᵉ de la course, au lieu de 1/17ᵉ.

Pendant ces expériences, les portes de la chambre du moteur et de la chaudière étaient ouvertes pour le service du frein, il faisait froid; de plus, le générateur devant aussi produire de la vapeur pour d'autres usages, sa grille est nécessairement plus grande qu'elle ne l'eût été si elle n'eût dû servir qu'à l'alimentation de la machine. Ces deux circonstances font penser que la consommation eût été encore moindre.

Dans une troisième expérience faite avec M. Darblay fils, la détente et la pression de la vapeur étant réglées et maintenues au point où elles se trouvent journellement par le travail de l'huilerie, le frein accusant 60 chevaux, la dépense ne fut pas de plus de 1 kil. 25 par force de cheval et par heure.

Ainsi, on voit que les résultats obtenus avec une telle machine à un seul cylindre à grande détente, ont été aussi favorables qu'avec les meilleures machines à deux cylindres, telles que celles de M. Farcot et de MM. Legavrian et Farinaux, qui ont consommé, comme on se rappelle (voir le VIIᵉ vol. de ce Recueil), en moyenne 1 kil. 32 et 1 kil. 26 par heure et par cheval.

PONTS EN FER ET EN FONTE.

PONT SUSPENDU SUR LA MEUSE

A SERAING,

CONSTRUIT DANS L'ÉTABLISSEMENT DE COCKERILL,

Sous la direction de **M. PASTOR**, directeur,

Et de **M. BRIALMONT**, ingénieur des ateliers de construction.

(PLANCHES 10 ET 11.)

La construction des ponts devient aujourd'hui, on peut le dire, du domaine de la mécanique, car depuis l'établissement des chemins de fer surtout, on a été amené à en construire un grand nombre avec l'application presque exclusive du fer, de la fonte et de la tôle. Déjà nous avons publié avec détails dans les IIe et Ve volumes, d'une part le système de pont à direction oblique établi sur la Brusche pour le chemin de fer d'Alsace, par M. Cadiat aîné, ingénieur civil, qui s'est constamment occupé de cette question et qui lui a fait faire un très-grand pas, comme nous le démontrerons plus loin, et de l'autre le pont en fonte et en fer construit par M. Krafft, ingénieur civil de Besançon, et appliqué à Sundhofen sur le système de M. Polonceau.

L'établissement connu sous le nom de John Cockerill, à Seraing, près de Liége, a été chargé d'établir près de l'usine même un pont suspendu en fer qui a été entièrement exécuté par M. Hubert Brialmont, directeur des ateliers, et ingénieur d'une très-grande expérience. Nous devons à M. Pastor, qui dirige l'établissement avec un zèle et une intelligence remarquables, la communication des dessins et des documents précis que nous allons publier sur ce pont suspendu, et sur lesquels on peut avoir d'autant plus de confiance, que depuis bientôt neuf ans qu'il existe, il n'a exigé aucune réparation autre que celle du renouvellement du plancher supérieur en bois, et de la peinture.

On pourra juger par les dessins, que ce pont réunit à une grande élégance toute la solidité désirable, et pour diminuer autant que possible les oscillations inhérentes à ce genre de construction, on a d'abord donné une forme courbe de 0m75 de flèche au tablier, et ensuite les garde-corps sont construits de manière à raidir considérablement l'ensemble, ce qui est d'une grande importance pour le passage de très-fortes charges.

Une société formée d'habitants des communes de Seraing et de Jemmeppe obtint l'adjudication de la concession de ce pont le 26 août 1841, pour le terme de 85 ans et demi. Les travaux préparatoires commencèrent le 20 mai 1842, la pose de la première pierre eut lieu le 14 juillet 1842, et l'inauguration le 17 avril 1843.

Quoique ce pont doive supporter, par instant, de très-fortes charges (car, par exemple, aux heures de sortie des ouvriers il est littéralement couvert de monde, outre les plus fortes charges sur quatre roues jusqu'à 22,000 kilos, comme pièces de machines, etc.), néanmoins, le passage ordinaire est complétement satisfait par une simple voie d'une largeur de 2m50. En outre il y a deux trottoirs, chacun de 1m25 de largeur, ce qui fait une largeur entre les garde-corps de 5 mètres.

La distance entre les colonnes de support d'une rive à l'autre est de 105 mètres.

DÉTAILS SUR LA CONSTRUCTION DU PONT.

POIDS DU MÈTRE COURANT DE LA CONSTRUCTION. — Le poids de la construction par mètre courant, y compris celui des chaînes, des tiges de suspension et des garde-corps, la distance entre les garde-corps étant de 5m, est de 1,010 kilog.

Au moment de l'épreuve finale, lorsque le tablier fut surchargé de 200 kilog. par mètre carré, ce poids fut de 2,010 kilog.

RÉSISTANCE DES POUTRES DU PLANCHER. — Les poutres étant espacées de 1m50, de milieu en milieu, avaient à supporter, au moment de l'épreuve finale, en y comprenant leur propre poids, chacune 2,015 kilog.

La distance entre les points d'appui étant de 5m 60, et l'équarrissage des poutres de 0m 35 sur 0m 22, elles présentaient une résistance d'environ *cinq fois* celle qui aurait été nécessaire pour résister à la rupture; d'un autre côté les diverses poutres étant reliées par six cours de longrines et par des madriers en chêne du premier plancher qui, lui-même, est recroisé par le deuxième plancher en bois blanc, la structure de cette charpente présente toute garantie.

RÉSISTANCE DES TIGES DE SUSPENSION. — Chaque poutre et son poids correspondant, qui est de 3,015 kil. (au moment de la plus forte épreuve), étant supportée par deux tiges dont la section ensemble est de 1,280 millimètres carrés, il en résulte que chaque millimètre carré de section n'avait à supporter que 2 kilogrammes, après avoir retranché du poids ci-dessus celui des chaînes.

RÉSISTANCE DES CHAÎNES DE SUSPENSION. — La *distance* entre les supports des chaînes étant de 105^{m}, la flèche de la courbe de ces chaînes, du 1/15 de cette ouverture, est de 7 mètres.

Le poids par mètre courant de la construction, y compris la surcharge, au moment de la plus forte épreuve, est de 2,010 kilogrammes.

D'après la formule de l'ingénieur Navier, la tension de toutes les chaînes au sommet des supports d'une même rive est de 418,910 kilogrammes.

La section transversale totale donnée aux chaînes est de 41,891 millimètres, c'est-à-dire que chaque millimètre carré n'était soumis, à ce moment, qu'à un effort de 10 kilogrammes.

RÉSISTANCE DES CHAÎNES DE RETENUE. — Les chaînes de retenue pénétrant dans le sol à une distance d'une fois et demie la hauteur du support, il en résulte d'après la formule donnée par l'ingénieur Navier, que la tension de ces chaînes employées, pour une même rive, était de 475,575 kilog.; et comme la section qu'on leur a donnée est de 47,557$^{m.c.}$50, il en résulte que chaque millimètre carré ne supporte également qu'un effort de 10 kil. au moment de la plus forte épreuve.

RÉSISTANCE DES MASSIFS D'AMARRAGE. — Le massif d'amarrage d'une même rive doit résister à une tension de 475,575 kilog. qui s'exerce suivant la direction des chaînes de retenue. Si l'on considère ce massif comme pouvant glisser sans frottement sur un plan incliné, dont la base est d'une fois et demie la hauteur, son poids devrait être de 856,970 kilogrammes.

La forme et les dimensions données à ce massif présentent un cube de maçonnerie dont le mètre cube à 2,000 kilog., forme un poids beaucoup plus considérable que celui ci-dessus. D'ailleurs, le glissement sans frottement est une hypothèse non admissible, néanmoins on l'a supposée pour arriver à la plus grande stabilité possible.

RÉSISTANCE DES SUPPORTS. — Les supports se composent de deux parties; l'une à partir du sol et s'élevant jusqu'à fleur du tablier du pont, *en pierres de taille*, et l'autre *en fonte*.

La partie en pierres de taille repose sur pilotis avec grillage.

Le nombre des pilotis, en leur donnant un diamètre de 0^{m}30 a été calculé de manière à ce que chaque pilot n'ait à porter qu'environ 16 à 1,700 kilog. Dans ce calcul, on a eu égard au poids de la construction et à la pression qui est exercée sur elle.

D'après les dimensions données à cette partie de la maçonnerie élevée en pierres de taille et moellons, avec fruit, elle présente au sommet une surface qui donne toute garantie contre la pression exercée sur elle.

Selon les dimensions données aux piliers en fonte, leur section est telle que par millimètre carré ils n'étaient soumis qu'à une pression d'environ 2 1/2 kilogrammes : cette pression étant pour chaque pilier d'à peu près 200,000 kilogrammes, d'après les formules de l'ingénieur Navier.

L'appareil mobile, haut d'un mètre, au moyen duquel les chaînes peuvent se mouvoir librement au sommet des supports, soustrait ces colonnes

à tout effort transversal qui tendrait à les renverser. Leur base ayant 1 mètre 40 centimètres de diamètre, le déplacement que les chaînes peuvent éprouver soit par l'effet des variations de la température, soit par le passage de fortes charges, n'est jamais assez grand pour que la résultante de la direction des chaînes de retenue et de suspension sorte de cette base.

CONSTRUCTION ET MATÉRIAUX.

La surveillance des travaux se fit continuellement par un ingénieur des ponts et chaussées de l'État.

BOIS. — Les pilotis étaient réputés *battus*, lorsque, sous une volée de trente coups d'un mouton de 550 kilogrammes tombant librement de 1 mètre 30 centimètres de hauteur, on n'avait augmenté leur fuite que de 5 millimètres. Tout pilotis déversé, battu hors de ligne ou qui s'éclata, fut arraché et remplacé par un nouveau.

Les bois du tablier sont peints sur toutes leurs faces par quatre couches de couleur à l'huile de lin et à la céruse, tant aux joints qu'aux parties exposées. Le plancher inférieur est en chêne qui aura suivant toute probalité, comme tout le reste de la charpente du tablier (excepté le plancher supérieur), une durée de vingt ans.

La tablier supérieur (qui, *seul*, demande de temps en temps un renouvellement) est en bois blanc. La meilleure qualité de bois à employer pour ce tablier supérieur, et qui dure alors à peu près dix-huit mois, est le peuplier noir de 80 millimètres d'épaisseur.

PIERRE. — Les piles et parements des culées sont en petit granit, les pierres en général posées suivant leur lit de carrière. Les pièces des ernochements et fondations forment des blocs de 15 décimètres cubes chacune et devaient résister au battage d'une dame ferrée de 60 kilog. Les voûtes sont en briques de première qualité et leur tête en pierres de taille.

MORTIER. — La chaux employée est hydraulique. *Le mortier en général* est composé moitié de chaux éteinte, moitié de sable sec. Dans la maçonnerie contre l'eau, le mortier contient *deux* parties de chaux éteinte, *une* de cendrée (poussière des fours à chaux) et *trois* de sable.

BÉTON. — Le béton a été employé chaud et bien consistant; on le prépare de trois parties cendrées vives, deux parties grosses cendres de forge et une de briques dures concassées.

LES CIMENTS des chapes de voûte se firent de la même manière que le béton.

FER. — Le fer employé pour toutes les parties quelconques des ouvrages est de première qualité, dit fer fort. Il est pliant, à froid, sans cassure ni gerçure.

FONTES. — Les pièces du système de suspension furent soumises avant l'emploi à une épreuve équivalant à un travail de fer de 14 à 15 kilog.

par millimètre carré de leur section transversale, et quelqueiois elle fut poussée jusqu'à 20 kilog.

FONTE. — Toute pièce dont la contexture eût été altérée d'une manière quelconque sous l'épreuve aurait été refusée ; mais il faut dire en l'honneur de la fabrique de fer et des ateliers de Seraing, que *toutes* les barres et tiges satisfirent aux essais sans qu'aucune ait été refusée. Un cinquantième du nombre des barres fut réservé par la surveillance des travaux pour essais *maximâ* de solidité, dans lesquels ces barres devaient être en état de supporter, avant de se rompre, des poids au moins trois fois plus considérables que les charges d'épreuve.

Dans ces essais, quelques barres de 0^m03 de diamètre et 2^m44 de longueur, etc., supportèrent jusqu'à 95 kilog. par millimètre carré, et s'allongèrent alors de 0^m05 avant la rupture. En général, on remarqua dans ces essais que les tiges de fer soumises à une traction jusqu'à 20 kilog. par millimètre carré, s'allongèrent de $0^m000,05$ par mètre de longueur, et une charge de 1 kilog. par millimètre carré de section, tout en gardant leur complète élasticité ; car le fer, affranchi de sa charge, revenait toujours à ses dimensions primitives.

Une fois cette charge de 20 kilog. par millimètre carré dépassée, le fer changea de contexture et alla en s'allongeant jusqu'à la charge de rupture qui variait de 50 à 95 kilog. par millimètre carré.

Relativement au système de chaînons à employer, on fit des essais multipliés qui firent abandonner les chaînons simples, ancien système (fig. 3) parce qu'ils se rompirent *toujours*, dans ces essais de rupture, aux endroits de soudure *m n*, et que les chaînons du nouveau système formant *anneau*, employés au pont de Seraing (fig. 14) où les soudures vont de *o p* jusqu'à *q r*, emplacement où le fer est fortifié par le soudage, ne se rompirent *jamais* aux soudures ; ce qui fait que l'on put alors compter complétement sur la véritable force du fer.

FONTE. — Relativement à la fonte, on eut à faire attention aux limites de charges supportées par elle avant l'écrasement, dans les plaques de retenue, des chaînes aux massifs.

La fonte est de première qualité, dite fonte grise. Les fûts des colonnes de supports des chaînes sont composés chacun de quatre tambours à jour réunis les uns aux autres par des boulons et traverses, ils sont moulés en terre.

Les fers et fontes sont peints de quatre couches de couleurs à l'huile de lin, dont deux aux minium et les deux dernières à la céruse.

DESCRIPTION DU PONT SUSPENDU, REPRÉSENTÉ PL. 10 ET 11.

La fig. 1re et la fig. 2e du dessin pl. 10 représentent une élévation longitudinale et un plan général vu en dessus du système de pont suspendu établi à Seraing.

Les fig. 3 et 4 du dessin pl. 11 représentent à une échelle plus grande, en coupe verticale et en plan, l'une des culées du pont, ainsi que les chaînes de suspension et les colonnes de fonte qui les soutiennent.

La fig. 5ᵉ représente une coupe verticale faite par l'axe de l'une de ces colonnes qui n'ont pas moins de 8ᵐ50 de hauteur.

La fig. 6 est une seconde coupe verticale faite à la partie supérieure, perpendiculairement à la précédente.

Les fig. 7, 8 et 9, sont des sections horizontales faites à différentes hauteurs, suivant les lignes 1-2, 3-4 et 5-6.

Les fig. 10 et 11 du premier dessin, pl. 10, montrent en élévation et en coupe transversale un fragment de tablier du pont, du garde-corps, des chaînes et des tiges de suspension, et les fig. 12 à 16 sont les détails de quelques parties de ferrure.

On voit d'abord par ces figures que les chaînes proprement dites se composent de barres en fer méplat A, disposées dans leur longueur sur plusieurs rangs. Ces barres sont posées de champ et ont chacune 5 centimètres de largeur sur 25 millimètres d'épaisseur.

Aux points où elles se réunissent par les chàpes ou brides en fer B, aux tiges de suspension C, elles sont traversées par des boulons à écrous *a* (fig. 10 et 11) qui sont assez longs pour recevoir 8 épaisseurs semblables, soit alors 200 millimètres en totalité, outre celle des chàpes qui est de 50 millimètres.

Les tiges de suspension C également assemblées aux chàpes par des boulons, ont 3 centimètres de diamètre, leur écartement est de 1ᵐ500 ; elles descendent toutes au-dessous des poutres ou solives en sapin D, qui portent le tablier du pont, et elles y sont retenues chacune par un double écrou que l'on fait serrer contre des petites plaques de fonte E (fig. 11 et 12) qui reçoivent en même temps la pression des écrous de chacun des boulons verticaux F, lesquels réunissent le garde-corps G avec le tablier. Ces plaques sont en outre reliées entre elles par des tirants en fer méplat H, qui maintiennent ainsi l'écartement de toutes les solives dans le sens longitudinal du pont.

Ces poutres ou solives, ainsi que les longrines du garde-corps G et du trottoir I, sont toutes en sapin rouge ; les traverses *b* qui forment le tablier proprement dit sont en chêne, ainsi que les entretoises *c* (fig. 10 et 11), le chapeau *d* du garde-corps et le plancher du trottoir. Le parquet seul *e* qui recouvre les pièces du tablier est en bois blanc de 60 millimètres d'épaisseur. Les solives sont garnies par le bout d'un chapeau en fonte mince *f* qui les garantit contre l'intempérie et les empêche de se fendre.

Les chaînes se réunissent en se croisant au sommet des quatre colonnes en fonte M (fig. 1 et 2), où elles sont portées par les supports à rotule J et J′ qui pénètrent l'un dans l'autre, comme le montrent les fig 5 et 6, et qui peuvent librement osciller sur eux-mêmes par leur base inférieure arrondie. Le support extérieur J′ qui forme fourche pour recevoir le premier

est porté par la dame en fonte K, qui est une sorte de double coussinet avec brides ou chapeaux *g* sur les côtés, et qui porte en outre la cage en fonte L et le chapiteau L′ dans lesquels est renfermée toute cette partie du mécanisme.

Chacune des quatre colonnes semblables qui supportent tout le système, se compose de quatre tambours creux et à jour M, réunis à leurs bases par des boulons à écrous, et présentant à l'extérieur une forme conique séparée vers leur jonction par des cordons et des moulures. Elles sont en outre traversées, dans toute leur hauteur, par une sorte de tuyau vertical N (fig. 5 à 9), composé seulement de deux parties, et réunissant les bases supérieure et inférieure. Enfin, le tout repose sur les massifs en pierres de taille qui composent les deux piles du pont (fig. 1 et 2, pl. 10, et fig. 3 et 4, pl. 11).

Chaque pile porte ainsi deux colonnes semblables; elles ont 4 mètres d'épaisseur à la base, au-dessus du grillage des pilotis, et 3 mètres à la partie supérieure; leur hauteur n'a pas moins de 8 mètres depuis le niveau de l'étiage jusqu'au-dessous des poutres du tablier; elles sont construites sur six rangs de pilotis en largeur. Les pilots sont également écartés de 0^m85 de centre en centre, et réunis par les traverses et les longrines qui forment un grillage régulier de carrés égaux.

Enfin, les chaînes descendent des colonnes suivant une pente de 45 degrés, et pénètrent dans les culées P, où elles sont retenues par des plaques d'assise en fonte Q (fig. 3 et 4).

La route, qui conduit au tablier du pont et qui s'élargit en dehors de chaque côté, est formée d'une chaussée pavée et de deux trottoirs garantis par une balustrade R composée de montants en fonte et de barres longitudinales en fer.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

Pour contre-balancer l'effet de la dilatation agissant sur les chaînes et les tiges de suspension, on a d'abord mis des écrous à ces dernières, ce qui permet de les allonger ou de les raccourcir. Quant aux chaînes de suspension, on peut régler la longueur de chacune au moyen de cales en fer *n* posées entre les têtes de deux chaînons, sur quatre points de leur longueur (Voy. les détails fig. 15 et 16). Mais jusqu'à présent on ne s'est pas encore servi de ces cales, vu que les chaînes étaient toujours parfaitement équilibrées.

Les essais de solidité de l'ensemble de la construction furent les suivants :

Essai provisoire. — Fait après l'achèvement des travaux; ce premier essai consista en une charge uniformément répartie sur toute la surface du pont de 50,000 kilog., ce qui représente 100 kilog. de charge sur chaque mètre carré de surface du pont. Cette charge resta sur le pont du 12 au 15 avril (72 heures).

Après cet essai, l'inauguration eut lieu le 17 avril, et ce n'est qu'une

année après le premier essai que l'on fit le *second*, qui consista en une charge de 100,000 kilogrammes, correspondante à 200 kilogrammes de charge par 1 mètre carré de surface.

Cette charge resta sur le pont du 22 au 25 juin 1844.

MONTAGE. — Tous les bouts des chaînons sont alésés intérieurement à longueur, et les goupilles sont cylindrées. Ce travail avait été fait avec une telle exactitude, que l'on n'eut pas besoin de recourir aux cales dont nous avons parlé plus haut.

Le montage des chaînes supérieures se fit en cinq jours, en se servant d'un palier posé sur des bateaux. Une fois les chaînes supérieures placées, on y suspendit le tablier, ce qui facilita alors le montage des chaînes inférieures.

FRAIS DE CONSTRUCTION DU PONT.

Fournitures des ateliers de Seraing.

24,720 kilog. de fonte moulée en terre..... Fr.	10,815 00	91,919 »
31,243 1/2 — — sable.........	6,509 05	
84,284 3/10 kilog. de fer forgé................	62,159 67	
Huile, clous, vis à bois.......................	1,236 91	
Peinturage avant le montage.................	1,037 72	
Ferrailles et main-d'œuvre....................	10,160 71	

Tablier avec garde-corps.

58,792 mètres cubes de bois de chêne..........	7,922 22	22,287 73
51,720 — — sapin...........	3,301 56	
13,938 — — blanc...........	670 76	
Mise en couleur et goudron avant le montage...	327 75	
Main-d'œuvre................................	6,643 07	
Façon et montage............................	3,422 37	
Fourniture des ateliers de Seraing, le tout rendu et monté sur place, et mise en couleur..................		114,206 79

Résumé des frais de construction et autres.

1° Fourniture des ateliers de Seraing....................	114,206 79
2° Construction en maçonnerie suivant le tableau ci-contre.	218,817 73
3° Acquisition et entreprise des terrains.................	10,270 »
4° Construction des routes, rive gauche et rive droite......	17,666 »
5° Frais généraux, paiement au 1er concessionnaire.......	10,737 »
6° Les intérêts à 5 p. 100 sur les versements faits par les actionnaires pendant la construction..................	16,758 50
7° Remblais..	13,500 »
Coût général...... Fr.	401,956 02

ENTREPRISE DES MAÇONNERIES, PAVAGE, ETC.

MATÉRIAUX.	Prix par mètre cube.	Batardeaux.	Quais de halage.	Rampes de raccordement.	Piles.	Culées.	Viaducs.	Viaduc latéral.	Alignement de la route.	Escalier.	MATIÈRES. Totaux en mètres cubes.		Totaux en valeurs.	
	fr. c.													
Démolition.	1 »	......	......	......	......	......	......	......	297.754	......	297	754	297	754
Déblais de fondation.	2 50	......	194.375	859.609	104.610	114.548	......	73.433	......	......	1347	085	3.367	742
Remblais et draguage.	2 75	192.479	......	......	......	......	......	......	......	......	192	479	529	317
Hêtre.	70 »	33.448	......	......	......	......	......	......	......	......	33	448	2.341	360
	100 »	......	52.280	......	59.843	......	......	......	......	......	112	123	11.212	310
Chêne.	120 »	......	7.124	......	16.680	......	......	......	......	......	23	804	2.856	480
Maçonnerie brute	11 »	......	549.427	1475.481	54.662	2203.161	74.115	165.427	......	45.023	4566	996	50.236	956
Vieille maçonn. et matériaux..	8 »	......	......	......	......	......	......	7.405	......	13.400	20	805	166	445
Béton.	13 20	......	......	57.606	......	175.334	4.700	3.464	......	......	241	004	3.181	213
Mortier.	12 »	......	......	......	......	......	9.500	......	......	......	9	500	114	000
Maçonnerie en briques.	14 »	......	......	......	......	179.808	141.472	42.220	......	......	363	500	5.089	003
Moellons assimilés.	15 »	......	20.412	2.515	......	......	......	19.608	......	33.000	75	535	1.133	023
Moellons piqués...	20 »	......	......	......	......	......	......	......	1.405	......	1	405	28	100
Moellons d'o.....	30 »	......	137.597	597.836	......	165.244	......	7.650	......	6.890	915	217	27.456	510
Pierres de taille débrutées	70 »	......	27.264	......	111.238	227.968	......	8.300	......	......	674	770	47.233	900
Pierres de taille maçonnrie	90 »	......	......	......	136.014	75.828	40.532	......	1.236	......	253	610	22.824	900
Pierres de taille maçonnée	100 »	......	29.398	50.779	34.904	1.075	64.849	......	......	26.057	207	062	20.706	200
Dalles.	4 40	......	......	......	......	......	117.015	......	......	......	117	015	514	866
Granits.	6 40	......	......	......	......	......	29.100	......	......	......	29	100	186	240
Tablettes.	60 »	......	......	......	......	......	......	......	0.759	......	0	759	45	540
Totaux en mètres cubes........		225.927	1018.377	3043.826	817.931	3143.166	481.283	326.914	301.158	124.370	9482	968		

[illegible].949 mètres carrés de pavage de route, à 46 fr. le mètre carré........	9.131	796
Fers d'agrafes.	6.284	470
Plombs.	2.380	650
Mains-d'œuvre diverses........	1.499	000
Total de l'entreprise des maçonneries, pavage, etc.........	218.817	734

En faisant la soumission pour la concession du pont, la Société a dû s'engager à employer le tarif du péage ci-après prescrit par le gouvernement.

TARIF DES PÉAGES.

Une personne à pied. .... Fr.	0	03
Un cheval et son cavalier.	0	10
Une voiture suspendue à deux roues, attelée d'un cheval, conducteur compris.	0	20
Une voiture à trois ou quatre roues suspendue ou non, attelée d'un cheval, conducteur compris.	0	30
Une voiture non suspendue à deux roues, attelée d'un cheval, conducteur compris.	0	25
Chaque cheval en sus des nombres ci-dessus indiqués.	0	10
Les voyageurs en voiture paieront comme les personnes à pied...	»	»
Un bœuf, vache, taureau, âne ou ânesse.	0	06
Un veau ou porc, 0,02. — Un mouton, bouc, chèvre.	0	01

ANNÉES.	FRAIS ANNUELS					
	D'ENTRETIEN.		DE RECETTE.		TOTAUX.	
A commencer le 17 avril 1843.	Fr. 225	66	2.156	41	2.382	07
1844.	4.155	27	3.041	21	7.196	48
1845.	1.928	72	3.438	14	5.366	86
1846.	5.262	46	3.374	40	8.636	86
1847.	4.522	97	3.923	39	8.446	36
Totaux......	16.095	08	15.933	55	32.028	63

ANNÉES.	PRODUIT ANNUEL DU PÉAGE.	RECETTES.	
1843.	A commencer du 17 avril........................ Fr.	26.029	22
1844.	L'année entière..................................	39.790	43
1845.	—	43.939	75
1846.	—	52.451	13
1847.	Jusqu'au 1er novembre..............................	48.615	11
»	Recette présumée pour novembre et décembre.........	9.174	36
»	Recette totale.............	220.000	00

Ainsi du tableau précédent, que la direction de la Société du pont a bien voulu nous communiquer, il résulte que cette œuvre, d'une utilité publique bien reconnue, est en même temps très-avantageuse aux actionnaires.

Suivant toute apparence, la prévision d'une durée du tablier de vingt années est encore en dessous de la réalité, et en fait de frais d'entretien, il n'existe que le renouvellement du plancher supérieur et la mise en couleur annuelle des fers. Ces frais figurent dans la colonne des frais d'entretien.

On voit donc au bout d'un peu plus de quatre ans et demi, que le bénéfice net équivaut presque déjà à la moitié du capital social, et en comparant les recettes des différentes années, on peut prédire que les recettes futures iront encore en augmentant, comme c'est ordinairement le cas avec les moyens de communication.

MACHINE A VAPEUR ROTATIVE DE M. HÉDIARD.

Nous avons visité avec intérêt, à l'établissement de construction de M. Rouffet, mécanicien à Paris, la machine à rotation directe de M. Hédiard, qui a obtenu l'autorisation toute bienveillante de M. Polonceau, pour la monter aux ateliers du chemin de fer d'Orléans. Les premières expériences faites paraissent favorables à ce système, qui, quoique établi sur des principes analogues à celui d'autres machines, a été sensiblement amélioré dans sa construction; nous espérons pouvoir les faire connaître.

On s'occupe depuis plusieurs années de ce genre de machines, qui seraient, en effet, d'une application très-avantageuse dans la navigation et les chemins de fer. Mais il faut pour cela arriver à la solution importante de l'économie de combustible qui est recherchée partout.

On avait dit au dehors qu'une telle machine, de la puissance de 20 à 25 chevaux, ne reviendrait pas à plus de 6 à 700 fr. sans la chaudière; mais nous nous sommes convaincus que, malgré toute l'économie apportée dans l'exécution par le constructeur, elle ne peut pas coûter moins de 3,000 fr.

M. Hédiard, comme l'ont fait plusieurs mécaniciens, tels que M. Péron, M. Chapuis, etc., construit le piston d'une seule et même pièce avec l'arbre moteur, mais avec cette différence qu'il supprime la garniture afin d'éviter les frais d'usure et d'entretien, prétendant que les fuites qui peuvent avoir lieu dans le mouvement par la jonction avec la paroi intérieure du cylindre ne peuvent être importantes. Nous ne sommes pas, à vrai dire, de cette opinion, car ce n'est pas seulement la perte sèche de la vapeur qu'il faut considérer dans cette circonstance, mais bien et surtout la contre-pression qui s'exerce sur le piston par la vapeur même qui passe du côté opposé à sa marche. Au reste, nous suivrons les expériences avec exactitude et avec beaucoup d'intérêt, afin d'en rendre compte.

NOUVEAU SYSTÈME DE PONT FIXE

ET DE TABLIER EN FER,

Par M. CADIAT, Ingénieur-constructeur à Paris,

Et M. OUDRY, Ingénieur des ponts et chaussées, à Cahors.

(FIG. 17 A 29, PLANCHES 10 ET 11.)

L'étude de l'emploi du fer et de la fonte, à laquelle se livrent depuis quelques années MM. Cadiat et Oudry pour les constructions et les travaux publics, n'a pas tardé à leur faire reconnaître, après avoir suivi avec intérêt les grands travaux exécutés en Angleterre, que l'application de la tôle et du fer combinés devait être dans la pratique bien supérieure à celle de la fonte, quoique le mode de mise en œuvre laissât beaucoup à désirer.

On sait que la forme adoptée à peu près exclusivement en Angleterre pour l'application de la tôle comme supportant des charges, est en effet celle de poutres droites à section rectangulaire. Telles sont les poutres colossales qui composent les ponts-tubes de Conway et de Britannia. Il y en a aussi de petites qui sont de véritables longerons. Ni les unes ni les autres ne sont parfaitement établies; on est arrivé à la détermination des leurs dimensions, au moyen de tâtonnements successifs, d'essais nombreux et dispendieux devant lesquels on eût certainement reculé en France.

MM. Cadiat et Oudry, en ingénieurs expérimentés, sachant tout le prix du métal, et surtout le bon usage qu'on peut en faire dans les constructions, ont proposé, avec raison, d'établir des ponts en tôle et en fer, avec des arcs plus ou moins cintrés au lieu de poutres droites.

L'emploi d'un arc comprimé est en effet bien plus économique que celui d'une poutre. Pour s'en convaincre, il suffit de remarquer qu'un arc en place résiste dans toutes ses parties à la compression, en produisant une poussée sur chaque culée, et que l'intensité de l'effort d'écrasement auquel il résiste est d'autant plus grande, que le rapport de sa corde à sa flèche est lui-même plus grand. Dans une poutre posée sur deux appuis, la partie supérieure résiste par compression, celle inférieure par extension, celle du

milieu ne résistant à aucun effort horizontal, mais seulement à une petite compression verticale. On peut donc assimiler le travail de la poutre à celui d'un arc comprimé, ayant même corde et même flèche qu'elle, et pour section la partie supérieure de cette poutre qui résiste à l'écrasement, attendu que la partie inférieure, qui résiste par extension, fait en réalité l'effet d'un tirant qui remplace les réactions des culées, et que la partie intermédiaire ne sert qu'à la réunir à la partie comprimée.

Ainsi, il est rationnel de dire que l'emploi d'une poutre est moins avantageux que celui d'un arc.

Quoique l'idée de soutenir un tablier par des arcs soit fort ancienne, la nouveauté des considérations sur lesquelles est basé le système de MM. Cadiat et Oudry, et celle du mode d'emploi des matériaux qu'ils appliquent, doivent être considérées comme constituant un nouveau système de pont fixe. Ce système, qui ne repose, en définitive, que sur des principes connus, réside dans l'agencement de ces trois parties essentielles, le *tablier*, les *tympans* et les *arcs ;* nous allons, avec les auteurs, examiner successivement chacune de ces parties.

Du tablier. La plus forte charge qu'un pont peut avoir à subir étant produite par une foule agglomérée dont le poids est inférieur à 200 kilog par mètre carré, on a été conduit à fixer, à ce chiffre, la surcharge d'épreuve que doivent subir les ponts suspendus et autres.

Lorsque le tablier d'un pont est couvert de sa charge d'épreuve, l'effort exercé sur les câbles s'il est suspendu, ou sur les arcs s'il est supporté, est plus grand que celui que ces parties essentielles de la construction pourront jamais avoir à subir; mais il n'en est pas de même pour les différents éléments du tablier ; l'expérience a prouvé en effet que des tabliers, qui avaient parfaitement résisté à l'action d'une surcharge de 200 kilog. par mètre superficiel, étaient impuissants à résister à l'action d'un roulage ordinaire.

Tous les constructeurs de ponts savent cela, aussi donnent-ils aux pièces de leur tablier des dimensions bien au-dessus de celles nécessaires pour subir la charge d'épreuve.

Le nouveau système de tabliers avec poutrelles entrelacées offre l'avantage de pouvoir résister, sans rupture ni déformation, à l'action de lourds chargements, quoique les poutrelles n'aient que la force nécessaire pour résister à l'épreuve.

Ce système de tablier, applicable aux planchers d'édifices, se compose de deux cours de poutrelles parallèles, régulièrement espacées les unes des autres, se coupant obliquement sur l'axe du pont, puis rattachées les unes aux autres à tous leurs points de croisement.

a b et *c d* (fig. 21, pl. 10) étant deux appuis fixes horizontaux, on conçoit que si une action verticale agit en *o*, les poutrelles *m n* et *p q* tendent à fléchir et se suspendent aux poutrelles environnantes aux points *m' n' p'* et *q'*. Ces points supportant chacun un quart de l'effort agissant en *o*, les poutrelles auxquelles ils appartiennent se suspendent aux poutrelles voisines, et ainsi de suite.

Par suite du croisement, l'effort exercé en *o* va donc se répartissant en produisant une légère flèche dans le tablier, sur une grande partie de sa surface, et sur une grande longueur d'appui.

Pour que le tablier soit assez fort pour résister à l'action d'une charge concentrée en o, il suffit donc que les poutrelles puissent porter chacune la moitié de cet effort au milieu des longueurs $m' n'$ et $p' q'$.

Si $e f$, $g h$, sont des perpendiculaires à l'axe du pont, menées par le milieu des côtés $o p'$ et $o q'$, la surcharge agissant sur $e f h g$ est celle qu'aura à porter chacune des poutrelles $m n$ et $p q$ à l'épreuve.

En appelant : l, la longueur des poutrelles,

l', la distance entre les appuis $a b$, $c d$,

α, l'inclinaison des poutrelles sur l'axe du pont.

e, l'écartement des poutrelles compté sur l'axe,

La charge d'épreuve d'une poutrelle à raison de 200 kilog. par mètre superficiel est :

$$200\, l \sin\alpha \times \frac{e}{2}$$

Elle équivaut à

$$100\, l \sin\alpha \times \frac{e}{2}$$

concentrée au milieu de sa longueur.

La longueur des mailles formées par les poutrelles est :

$$\frac{e}{2 \cos\alpha}.$$

Si l'effort concentré P, auquel le tablier est soumis, agit en un point de croisement de deux poutrelles, chacune d'elles porte au milieu d'une longueur double de celle du côté des mailles, un effort égal à $\frac{P}{2}$; si l'on veut que dans ce cas, et c'est celui le moins avantageux à la résistance des poutrelles qui puisse se présenter, les poutrelles travaillent comme elles le font lors de l'épreuve; il faut que l'on ait :

$$100\, l \sin\alpha \times l\, \frac{e}{2} \times l = \frac{P}{2} \times \frac{e}{\cos\alpha}$$

$$\text{ou} \quad P = 100\, l^2 \sin\alpha \cos\alpha,$$

$$\text{or,} \quad l' = l \sin\alpha,$$

$$\text{par conséquent} \quad l = \frac{l'}{\sin\alpha}.$$

$$\text{On a donc} \quad P = 100\, l'^2 \frac{\sin\alpha \cos\alpha}{\sin^2\alpha} = \frac{100\, l'^2}{\text{tang}\,\alpha}.$$

En appelant l'' la projection de la poutrelle sur une ligne d'appui, on a

$$l' = l'' \,\text{tang}\,\alpha,$$

$$\text{d'où} \quad l'' = \frac{l'}{\text{tang}\,\alpha};$$

en remplaçant, dans la valeur de P, le facteur $\frac{l'}{\text{tang}\,\alpha}$ par l'',

$$\text{on a} \quad P = 100\, l' l'';$$

$l' l''$ étant la surface du rectangle dont les poutrelles, se croisant en o, sont les diagonales, on peut donc dire que le plus grand effort que l'on puisse exercer en o, sans

fatiguer les poutrelles plus qu'à l'épreuve, est moitié de la surcharge d'épreuve répondant au rectangle d'envergure des poutrelles.

Dans ce tablier donné, on peut donc facilement assigner quelles sont les charges uniformément réparties, et celles concentrées, qui fatiguent également les poutrelles.

En fait, comme la charge d'épreuve d'un pont est généralement connue, ainsi que le plus lourd effort qui peut être concentré en un point, si l'on se sert de la formule

$$P = 100\, l'\, l''$$

pour déterminer l'écartement *possible* des appuis, l'on trouve que cet écartement possible est toujours tel que les ponts de 8 à 10 mètres de largeur, peuvent n'être supportés que par deux arcs.

Il ne faut pas perdre de vue que l'écartement possible est celui dans lequel les poutrelles, à l'épreuve de 200 kilog. par mètre carré, travaillent comme sous l'action d'une charge concentrée; quel que soit l'écartement des appuis d'un tablier, la résistance à un effort concentré ne dépendant que de l'échantillon du fer employé, elle reste toujours la même; seulement, lorsque l'on rapproche les appuis, elle correspond à une charge uniformément répartie de plus en plus grande, et quand on les éloigne, elle correspond au contraire à des charges d'épreuve de plus en plus petites; entre ces écartements et ces rapprochements, il y a une position dans laquelle l'effort des poutrelles, sous l'action d'une charge uniformément répartie de 200 kil. par mètre superficiel, est la même que celle répondant à la charge concentrée: c'est cette position qui correspond à l'écartement possible.

L'écartement de poutrelles n'entrant pas dans la relation qui existe entre la charge d'épreuve uniformément répartie et celle permanente fatiguant également les poutrelles d'un tablier, on peut, en diminuant la force des fers employés, restreindre autant qu'on le voudra la surface des mailles, et arriver à pouvoir remplacer les madriers en bois portant la chaussée, par des plaques de fonte gaufrée ou portant nervures, ou par des plaques de tôle renforcées par des cornières.

Toutefois, le prix actuel des madriers en bois et ceux de la fonte et du fer, rendant ce remplacement onéreux, il serait peut-être d'autant moins motivé, qu'on peut abriter les madriers de toute destruction en les couvrant d'une chaussée en bitume à froid; ces chaussées, semblables à celle qui existe dans la rue de la Barillerie, vis-à-vis le Palais-de-Justice, seraient d'autant mieux assorties au nouveau système de pont, qu'elles ne pèseraient que 100 kil. par mètre carré, tandis qu'une chaussée d'empierrement pèserait au moins 200 à 250 kil. le mètre superficiel. Les poutrelles en fer étant plus légères et plus économiques que celles en fonte ou en bois, il convient de s'en servir exclusivement.

Les poutrelles entrelacées peuvent être pleines ou évidées; celles pleines peuvent être des pièces de fer ou de tôle unies, ou renforcées par des cornières de champ, ou du fer laminé, à section, simple T, double T, triple T, etc.; celles évidées peuvent se composer de deux bandes de fer réunies et rendues solidaires l'une de l'autre par des croix de saint André, ou toute autre pièce remplissant le même but.

Les poutrelles peuvent être croisées soit en plaçant les deux cours l'un sur l'autre, soit en plaçant un cours de manière à le faire pénétrer dans l'autre, comme on peut le voir sur les fig. 22 et 23, pl. 10; dans ce dernier cas, les poutrelles enlaçantes p sont forcément évidées, mais celles enlacées p peuvent être pleines ou évidées. Nous les supposons ici en fer double T, tandis que les premiers sont simplement des bandes méplates, reliées par des entroises en fer E, rivées entre elles.

Pour éviter des assemblages d'une durée problématique et difficile et pour gagner de la hauteur, il est plus convenable d'enfiler un cours de poutrelles dans l'autre, que de les superposer, toutes choses égales d'ailleurs; il convient aussi d'adopter pour poutrelles enlacées des poutrelles pleines, qui entretoisent les bandes supérieures et inférieures des poutrelles enlaçantes, de manière à ce que ces dernières soient solidaires de tout abaissement des premières.

Les considérations suivantes conduisent à la détermination de l'angle de croisement des poutrelles;

La portée des madriers étant la distance entre les points d'appui qui supportent leur charge, on peut dire qu'avec l'entrecroisement diagonal des poutrelles, elle va en croisant dans une même maille depuis o (fig. 21), jusqu'à la longueur représentant l'écartement des poutrelles comptées sur l'axe du pont; la portée moyenne des madriers est donc moitié de la distance des poutrelles, mesurée sur l'axe. Cette distance est généralement commandée par les exigences des localités qui fournissent des madriers de dimensions déterminées, puisqu'elle doit être en rapport avec l'épaisseur des madriers, tout en étant une fraction exacte de leur longueur.

La ligne la plus résistante pour un chargement passager est évidemment celle coupant les diagonales perpendiculaires à l'axe du pont au quart de leur longueur, puisque dans cette ligne tous les madriers résistent en vertu de leur portée moyenne, et que dans toute autre, la portée du madrier chargé est moindre à la vérité de deux en deux mailles, mais à la condition d'être plus grande dans les autres. Cette remarque peut être utilisée pour la détermination de l'angle de croisement de poutrelles des ponts à une voie, mais pour les ponts à deux voies et les planchers, on doit arriver à la détermination de cet angle en cherchant à concilier la stabilité et l'économie.

Dans une maille $a\,b\,c\,d$ (fig. A, pl. 11), la diagonale, qui représente l'écartement des poutrelles sur l'axe commandé par les dimensions de madriers que l'on emploie, étant constante, le côté $a\,b$ est en raison inverse du sin α, et la diagonale $b\,d$ en raison inverse de tang α.

Comme la surface de la maille est le produit des deux diagonales, cette surface est en raison inverse de tang α; le nombre des mailles entrant dans une surface donnée étant égal au rapport de cette surface à celle de la maille, ce nombre de mailles est proportionnel à tang α.

La somme des longueurs des côtés des mailles qui entrent dans une surface donnée étant égale au produit du nombre des mailles par deux fois le côté, cette somme est proportionnelle à tang α, et inversement proportionnelle à sin α, elle est donc proportionnelle

$$\text{à } \frac{\tan \alpha}{\sin \alpha} \text{ ou à } \frac{1}{\cos \alpha}.$$

Plus l'angle α est petit, c'est-à-dire plus la diagonale $b\,d$ est grande, plus la somme des longueurs de fer employé est petite, mais aussi plus la longueur des côtés des mailles est grande.

Comme les côtés des mailles doivent pouvoir supporter l'action d'une même charge en leur milieu, et qu'à équarrissage égal les résistances des poutrelles à un effort agissant au milieu de leur longueur, sont en raison inverse de ces longueurs, il faut augmenter la force des poutrelles en raison inverse de la grandeur des côtés des mailles.

On peut donner aux poutrelles une augmentation de force, soit en augmentant leur

largeur, soit en augmentant leur hauteur; si l'on prend le premier parti, le poids de la poutrelle formant côté de maille, croît proportionnellement à sa longueur,

$$\text{c'est-à-dire à } \frac{1}{\sin \alpha};$$

la somme des longueurs de fer employé étant proportionnelle à $\frac{1}{\cos \alpha}$, la dépense totale est proportionnelle à $\frac{1}{\sin \alpha \cos \alpha}$,

$$\text{c'est-à-dire à } \frac{1}{\sin 2\alpha}.$$

Le minimum de dépense correspond au maximum de $\sin 2\alpha$,

$$\text{c'est-à-dire à } 2\alpha = 90^{\circ}, \text{ ou } \alpha = 45^{\circ}.$$

Ainsi, dans l'hypothèse faite, le minimum de dépense correspond, au cas où les poutrelles se croisent, à 45° sur l'axe du pont, c'est-à-dire se coupent à angle droit.

Comme la question d'économie de fer n'est pas la seule à considérer, puisque les poutrelles enlaçantes et les poutrelles enlacées doivent non-seulement se prêter un mutuel appui pour résister à l'action d'une charge passagère, mais aussi s'entretoiser mutuellement, de manière à rendre tout mouvement de flexion ou de torsion impossible, on est conduit à ne pas adopter l'angle droit pour l'angle de croisement.

Si l'on considère les poutrelles *a c* et *b d* (fig. B, pl. 11), on voit en effet que celle *a c*, enlacée, est buttée par les abouts des croix de saint André qui forment le remplissage de l'autre, de manière à ne pouvoir se déverser et se fausser, quel que soit l'angle de croisement, qu'elle fatigue d'autant moins la poutrelle enlaçante pour rester en place, que cet angle est plus près de l'angle droit; mais que, d'un autre côté, la poutrelle enlaçante est d'autant plus entretoisée, que l'angle de croisement *a o b* est plus aigu, puisque alors la partie *b o* tend à glisser sur la poutrelle *a c* en allant vers *c*, tandis que la partie *d o* tend à glisser sur cette même poutrelle *a c* en allant vers *o*, et que ces deux mouvements simultanés sont impossibles.

Un bon entretoisement des poutrelles conduisant à l'adoption d'un angle aigu pour l'angle de croisement, et l'économie demandant que cet angle se rapproche autant que possible de l'angle droit, il convient d'adopter un angle de 70° à 80°.

Lorsque la largeur d'un tablier est grande, la longueur des poutrelles devient trop considérable pour que l'on puisse les faire avec une seule bande de fer laminé, et l'on est presque forcé d'employer exclusivement des poutrelles évidées; mais on peut alors, pour bien les entretoiser mutuellement et augmenter leur force, couper les mailles par un troisième cours de poutrelles placées suivant l'une ou l'autre diagonale des mailles. Ce troisième cours peut être fait avec des poutrelles pleines ou avec des poutrelles évidées.

Si un tablier de pont fixe doit avoir, outre la voie, deux trottoirs, il convient de placer les tympans sous les lignes *a b*, *c d* (fig. 21, pl. 10), puis de former le tablier de deux cours de poutrelles entrelacées, évidées, assez fortes pour que celles-ci étant supposées encastrées sur les lignes *a b*, *c d*, elles puissent supporter le poids des trottoirs et celui de leur surcharge.

Le tablier est alors trop faible pour soutenir la voie et sa surcharge, surtout si cette voie a une chaussée d'empierrement; mais on peut lui donner la force suffisante au moyen d'un troisième cours de poutrelles traversant les mailles formées par les 2 premiers cours et s'appuyant sur les tympans.

Si le tablier précédent appartient à un pont suspendu au lieu d'appartenir à un pont fixe, il est préférable d'établir le troisième cours de poutrelles parallèlement aux têtes, afin d'augmenter la rigidité longitudinale du tablier.

EXPÉRIENCES FAITES SUR UN TABLIER.

Pour s'assurer jusqu'à quel point devaient se réaliser leurs idées sur la résistance des tabliers en réseau, MM. Cadiat et Oudry ont fait construire par M. Kaulek, mécanicien, une portion de tablier qu'ils ont soumise à de nombreuses expériences, auxquelles nous avons pu assister, en présence de M. Poirée et de plusieurs autres ingénieurs. On a constaté la résistance à la flexion et l'influence de l'entrelacement des poutrelles sur la répartition des charges.

Les expériences ont été faites, à différentes reprises, dans le local du dépôt des forges de la Providence, quai Jemmapes. Nous donnons ci-après le tableau de ces expériences :

La première colonne horizontale indique les numéros des expériences, et les charges placées sur le tablier sont indiquées dans la seconde. Toutes les colonnes horizontales qui suivent contiennent les flexions dans le sens vertical, observées aux divers points du réseau, sous les différentes charges.

La première colonne verticale contient l'indication des différents points de rencontre des poutrelles auxquels se rapportent les flexions observées.

Les onze premières expériences sont relatives à des charges croissantes et réparties uniformément sur le carré 1-2-3-4 (fig. 17, pl. 11). La douzième est la même que la onzième; seulement le poids de 200 kilog., qui complète la charge de 12,000 kil., a été placé au milieu, au lieu d'être uniformément réparti. Ces douze premières expériences ont eu lieu le 7 mars 1851.

La treizième expérience a eu lieu le 11 mars, et la charge de 12,000 kilog. a été laissée sur le tablier pendant tout l'intervalle qui sépare les deux expériences. Cette dernière semble indiquer une augmentation dans les flexions, qui serait due à la permanence de la charge : cependant, si l'on remarque que toutes les hauteurs ont augmenté d'une quantité constante, égale à 2 millimètres, on serait en droit de conclure que les flexions n'ont pas augmenté, et que l'augmentation observée dans la hauteur n'est que le résultat du tassement des appuis. Ce tassement est d'autant plus probable que, du 7 mars au 11 mars, la pluie a tombé avec abondance. Après la treizième expérience, on a retiré 10,200 kilog. de la charge, et la colonne du n° 14 contient les flèches sous la charge réduite à 1,800 kilog.

La colonne n° 15 contient les flexions conservées aux différents points du réseau, après l'enlèvement total de la charge; mais il faut observer que, d'après les chiffres de cette colonne, les flèches sont augmentées du tassement des points d'appui et de la quantité dont les poutrelles ont dû se mouvoir, lors de la première charge, pour s'appuyer les unes sur les autres. Il y aurait ainsi une quantité constante, plus ou moins grande, à chaque point, qu'il faudrait déduire des hauteurs mesurées pour obtenir les véritables flexions éprouvées par les poutrelles.

Les colonnes nos 16, 17, 18, 19, correspondent à des expériences faites en concentrant toute la charge au milieu, sur les deux mailles N O P Q, K Q R S.

Les mesures de la colonne 20, comparées avec celles du n° 19, constatent qu'il ne s'était produit aucune augmentation dans les flexions, quoique la charge fût demeurée pendant vingt-quatre heures sur le tablier.

Les hauteurs contenues dans la colonne n° 21 font connaître l'état où était le tablier quelques jours après l'enlèvement de la charge.

Nous ajouterons, pour compléter ces renseignements, que les deux lignes d'appui *ab*, *dc*, qui supportaient les poutrelles, étaient à 4m 50 de distance l'une de l'autre; que chaque poutrelle avait 6 mètres de longueur entre ses appuis. Chaque maille avait 1 mètre de côté, la diagonale dans le sens de l'axe avait 1m 33 de longueur, et l'autre diagonale avait 1m 50.

Les poutrelles pleines, en fer à section double *Té*, pèsent à raison de 13 kilog. le mètre, et les poutrelles évidées à raison de 15 kilog.

La fig. 17 du dessin pl. 11 représente le plan du réseau sur lequel on a effectué les expériences.

La fig. 18 est (sur une plus grande échelle) la coupe verticale faite suivant la ligne A E', pour montrer le degré de flexion dont chaque point d'intersection a baissé.

La fig. 19 est une coupe transversale faite également par le centre, mais perpendiculaire à la précédente, pour faire voir l'abaissement des points O Q S.

Et la fig. 20 est une autre coupe parallèle faite aux points E D H.

On observe dans ces expériences que les flexions s'étendent dans toutes les parties de la portion de tablier qui a été essayée. Ces flexions, s'étendant jusque sous des poutrelles qui paraissaient très-éloignées des charges, fournissent la preuve que l'entrelacement des poutrelles a pour effet de répartir les charges sur un grand nombre d'entre elles ou sur une grande longueur de tablier.

La portion de tablier qui a été expérimentée ne s'est pas trouvée assez longue pour nous permettre de constater à quelle distance du milieu des charges les poutrelles auraient cessé d'en supporter une part. Mais, au moyen du tableau précédent, on peut construire les différentes courbes produites par les pressions, dans des plans verticaux passant par les points E M O X Z, ou C F N P Y A', ou A D L Q V B' E', etc. Ainsi, la courbe passant par A D L Q V B' E', répondant à la charge uniformément répartie de 1,800 kilog., fait voir que l'effet de cette charge se ferait sentir à une distance de 1m 30 au delà des points A et E', et qu'il y aurait 18 poutrelles concourant à porter cette charge. En construisant une autre courbe par les mêmes points, mais répondant à une charge uniformément répartie de 11,800 kilog., on trouverait que l'effet de la charge se serait fait sentir à 2m 30 au delà des points A et E', et que 22 poutrelles au moins auraient concouru à la supporter.

On trouverait également que la charge concentrée de 7,500 kilog. se serait fait sentir à 2m 60 au delà des points A et E', c'est-à-dire que plus de 22 poutrelles auraient pu concourir à la supporter.

Avec une telle répartition des charges sur un aussi grand nombre de poutrelles, nous pouvons atteindre le degré de rigidité nécessaire, surtout pour les tabliers de ponts suspendus. Au lieu d'une charge supportée par une seule poutrelle, et d'une seule poutrelle attachée à un seul point de chaque câble, on aurait, pour concourir à porter la charge, 22 poutrelles qui se suspendraient à chaque câble par 22 points; mais au lieu de suspendre chaque extrémité de poutrelle par un seul point de chaque câble, nous suspendons chaque extrémité d'une même poutrelle à quatre, six, huit,

TABLEAU D'EXPÉRIENCES

Points auxquels les flexions ont été mesures.	NUMÉROS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	CHARGES									
	1800	2800	3800	4800	5800	6800	7800	8800	9800	10800
A	4	4	6	7.3	8.5	9.5	11.3	13	14	15.5
B	3	4.5	6	7	8.5	9.5	11.4	12.3	14	15.4
C	3	5	7	8	9.3	10.5	12.8	13.4	15.2	16.4
D	5	7	9	10.2	12.6	14	16	18.4	20.2	22.7
E	3	4	5	6	6.6	7.8	9.3	10	11.1	12.4
F	5	8	10	11.7	14.5	16	18.5	20.5	22.3	24.5
G	5	8	12	12	14.2	16	19	21	23	25
H	3	4	5	5.5	6.6	7.8	8.9	10	11	12
I	5	6	7	9.5	11	12.5	14.5	15.4	17	18.5
K	9	10	13	15.5	18.5	21	23.8	26	29	31.5
L	5	9	12.5	14.8	17.5	20	23	25.6	28	31
M	5	7	8	10	11.2	13	14	15.4	17.2	18.2
N	10	10.5	13	15.5	18.2	21	24	26	29	31.3
O	6	6	8	10	11.5	13.5	15	16.6	18.7	19.4
P	10	10.5	13	15.5	18.2	20.6	23.5	26	29	31.3
Q	10	12	14.5	16.5	19.5	22.5	25	28.2	32	34.5
R	8	9	11.5	14.5	17.5	18.2	22.2	25	27.7	30.3
S	6	7	8	10	12	13	14.8	16	17.5	19.5
T	5	5.5	7	8.5	10	11	13	14	15.2	17
U	7	8.5	10	12.5	14.2	16	18.2	20.6	23	24.5
V	8	9	12	14	16.6	19	22	25	27.5	30
X	5	6	7	9	10.8	12.5	14.5	15.6	17.2	18
Y	6	7.3	9	11.4	13.8	15.5	17.8	20	22.5	24.3
Z	3	4.5	5	6	7.2	8	9.3	10	11.5	12.4
A'	3	4	5	7	8	9.4	10.8	12.6	14	15
B'	6	7	8.5	11.2	13	14.8	16.6	19	21.5	23
C'	4	5.5	6.2	8	9.2	10.5	12.5	14	15	16.4
D'	3	4	5	7	7.2	8	9.2	10.2	11.2	12.3
E'	3	5.2	6	7.5	8.5	10	11.8	13	14.3	15.6

Charges uniformément réparties sur une superficie de 20 mètres.

…E TABLIER EN RÉSEAU.

…PÉRIENCES.

…OGRAMMES.

13	14	15	16	17	18	19	20	21
12000	1800	nulle.	2300	4300	6300	7500	7500	nulle.
18.1	5.2	3	5.4	8.9	11.4	14	13.9	1.7
16	5	2	5	7.2	10	12.6	12.5	2
19.5	6	3.5	6.2	9.3	12.5	14.8	14.5	2.3
26.3	7.2	3.5	7.7	12.3	16.5	19.5	19.8	2.1
14.2	6.2	4.5	6.2	8	10.2	11.4	11.4	4.2
28.7	9.5	4.4	11	15.3	20.3	23.4	23.3	3.5
28.5	9.4	4.8	10.2	15.4	20	23.5	24.4	5
14	5	2	4.2	6.2	8	9.5	9.5	2
21.5	8	4.5	8.2	12	15	17.2	17.3	4.2
36.3	12.1	5.2	15.2	23	30	35.4	35.6	4.9
36.1	11	5.5	13.6	21	27.5	32.8	33	1.7
22.3	10.2	5.5	11.8	15	18.5	20.3	20.3	5.9
26.7	13.2	6	17.6	25.7	33	37.3	38.3	5.9
24.3	10.5	6	12.2	16.5	20.2	23.3	23.7	5.1
37	13.8	6.5	15	21.4	27.5	32.4	32.5	3.3
40.6	13.6	5.5	18.5	28.3	37.2	44.5	44.5	6.5
35.5	12	5.4	16	24	32	38.3	38.7	6.5
23.4	8	4	10	15	20.6	23.1	24	4.5
20.2	7.8	4	8	12	15.2	18.2	18.5	3
28.2	10.5	5	10.3	15	19 3	23	22.9	3.6
35.2	11	5.3	12	18.4	24.8	29.1	29.6	4
22	9	5.2	8.5	12	15.2	17	17	5
28	10	5	9.5	13.9	18	20.8	20.6	2.6
14.2	5.5	2	5.3	7.2	9.5	10	10.2	1
17.8	5	1.5	4.7	3	10.5	11.5	11.7	1.5
26	8.9	3.8	8	12.8	16.2	18.5	19	2.8
19.3	6.4	2.8	6	8.8	12	13.5	13.3	1.6
11.4	5.2	2.6	5	7	9	10.2	10.2	2.5
18.3	5.2	2	5	8	11	12.5	12.8	1.5
			Charges concentrées au milieu.					

dix endroits du même câble, par autant de tiges obliques qui se croisent en formant une espèce de treillage.

Ce mode de suspension par tiges multiples répartit évidemment les charges sur les câbles, comme elles le sont sur le tablier par les poutrelles entrelacées; et la réunion des deux systèmes, dans un pont suspendu, produit une répartition multiple de la charge qui diminue beaucoup l'effet causé sur les câbles par les surcharges passagères.

Des tympans. Dans les ponts fixes en métal construits dans ces derniers temps, notamment dans les ponts Polonceau (1), les tympans formés d'anneaux en fonte, indépendants les uns des autres, servent simplement d'intermédiaire entre le tablier et les arcs, pour reporter sur ces derniers le poids du premier et de la surcharge qu'il a à subir.

Dans le nouveau système de pont, les tympans sont rigides et reliés fixement aux tablier et aux arcs, de manière à faire de toute la travée une masse unique.

Les tympans du nouveau système sont en tôle de fer ou en fer forgé, car ils doivent non-seulement supporter des efforts de compression, mais des chocs, des vibrations et des efforts d'extension.

Les tympans en tôle sont rendus rigides au moyen de cornières rivées faisant nervures; leur emploi est assez coûteux.

Quand on recherche l'économie, on doit préférer des tympans en treillis de fer laminé, formés de bandes de fer méplates placées dans le sens de leur plus petite dimension, et reliées ensuite l'une à l'autre par des rivets.

La forme des mailles des treillis n'est pas arbitraire; il convient en effet que le poids du tablier soit réparti aussi uniformément que possible sur les tympans, c'est-à-dire que les points d'appui des poutrelles soient régulièrement espacés, ce qu'on peut obtenir en plaçant les tympans sous une ligne de moyenne portée de madriers du plancher.

Il convient, en outre, qu'à chaque point d'appui d'une poutrelle corresponde le sommet d'une maille de tympan; la diagonale horizontale de ces mailles doit donc être moitié de l'écartement des poutrelles du tablier mesuré sur l'axe du pont.

La grandeur de l'autre diagonale, ou l'angle de croisement des bandes du treillis, peut se déterminer par les considérations suivantes :

Un effort vertical, agissant au sommet d'une maille, se subdivise en deux autres agissant suivant les côtés; si la diagonale verticale représente la grandeur de l'effort vertical p, les côtés des mailles représentent la grandeur des efforts exercés suivant leur direction.

En appelant α (fig. A, pl. 2) l'angle formé par le côté de la maille avec la verticale, et p' l'effort exercé sur ce côté de la maille,

$$\text{on a donc}\quad p' : p :: \sin\alpha : \sin(180^\circ - 2\alpha),$$

$$\text{ou}\quad p' : p :: \sin\alpha : \sin 2\alpha,$$

$$\text{ou}\quad p' = \frac{p \sin\alpha}{\sin 2\alpha} = \frac{p\sin\alpha}{2\sin\alpha\cos\alpha} = \frac{p}{2\cos\alpha}.$$

(1) Ce système de pont a été gravé et décrit avec détails dans la première livraison du v[e] volume de ce Recueil.

Ainsi, l'effort exercé sur le côté croît quand l'angle α croît lui-même ; la section du côté de maille *ab*, dont la longueur est en raison inverse de $\cos \alpha$, doit donc croître comme cette longueur, pour que la charge par millimètre carré soit toujours la même. Ceci exige que la section du côté des mailles soit en raison inverse de $\cos \alpha$, ce qui fait que le poids d'un côté de mailles est en raison inverse de $\cos^2 \alpha$.

La longueur de fer employé dans un tympan de surface donnée, étant proportionnelle à la longueur du côté des mailles, et ce nombre de mailles étant inversement proportionnel à la surface de la maille, qui est elle-même proportionnelle à la diagonale verticale,

$$\text{on a } \frac{1}{\tang \alpha};$$

la longueur de fer employé est proportionnelle à $\tang \alpha$, et inversement proportionnelle à $\sin \alpha$, c'est-à-dire proportionnelle à $\frac{\tang \alpha}{\sin \alpha}$ ou à $\frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha}$.

Le poids du côté des mailles étant proportionnel à $\frac{1}{\cos^2 \alpha}$, le poids de tout le tympan est proportionnel à :

$$\frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \times \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\cos^4 \alpha}.$$

Pour avoir la valeur de α, qui rend ce poids minimum, il faut différencier cette expression, et égaler la différentielle à o,

$$\text{on a donc } \frac{\cos^5 \alpha - \sin^2 \alpha \cos 3 \alpha}{\cos^8 \alpha} = o,$$

$$\text{ou } \frac{\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha}{\cos^5 \alpha} = o,$$

$$\text{ou } \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = o,$$

$$\text{ou } \cos 2^2 \alpha = o \text{ ou } 2\alpha = 90°,$$

$$\text{ou enfin } \alpha = 45°.$$

Si donc l'on veut obtenir un tympan ayant un minimum de poids, il faut, toutes choses égales d'ailleurs, donner aux mailles la forme d'un carré.

Il convient de faire en sorte que la plus petite dimension du fer du tympan ne descende pas au-dessous du trentième ou du trente-cinquième de la longueur du côté des mailles ; mais, cette condition remplie, on doit employer le fer le plus méplat possible, afin de donner aux treillis de tympan le plus de rigidité possible dans le sens transversal.

Il peut convenir dans certains cas, lorsque le tablier est lourd et que la charge qu'il peut avoir à supporter est grande, de disposer dans les mailles du tympan des montants verticaux en fer méplat suivant les diagonales verticales de ces mailles ; ceci soulage les côtés des mailles, car dans ce cas, ils ne servent plus qu'à contre-buter les montants et les empêcher de fléchir sous la charge qu'ils reportent directement sur les arcs.

Des arcs. Les arcs du nouveau système de pont offrent la section (fig. C et D, pl. 2) ; ils se composent de quatre feuilles de tôle, deux joues et deux fonds, assemblées entre elles par des cornières et des rivets, et de quatre nervures rectangulaires en

fer, placées sur les fonds ou sous les fonds, au-dessus des joues et fixées aux cornières d'angle par de petits boulons remplaçant des lignes de rivets.

La section transversale des arcs croît en largeur et en hauteur de la clef aux naissances (fig. C et D, pl. 2).

Le vide des arcs est rempli d'une substance additionnelle lourde et bon marché : de sable agglutiné par du coltar, par exemple.

L'emploi de la tôle et du fer forgé dans les grandes constructions publiques a été essayé sur de très-grandes proportions en Angleterre, notamment dans le pont-tube Britannia; comme il a parfaitement réussi, il a été complétement adopté, et aujourd'hui le fer forgé et la tôle remplacent presque partout la fonte dans ce pays.

Il résulte cependant des expériences authentiques faites par les ingénieurs anglais, que la fonte, pouvant résister à une pression de 35 à 49 tonnes par pouce carré, et à une tension de 3 à 7 tonnes par pouce carré, et le fer pouvant résister à une pression de 12 à 13 tonnes par pouce carré (20 kil. à 21 kil. 5 par millimètre carré) et à une tension de 16 à 18 tonnes par pouce carré (25 kil. 17 à 28 kil. 32 par millimètre carré), les résistances à la compression et à l'extension sont, pour la fonte, dans le rapport de 5 à 1, tandis que, pour le fer, ces résistances sont dans le rapport de 4 à 5 ; ce qui semble commander l'emploi du fer forgé pour résister à l'extension et celui de la fonte pour résister à la compression, puisque la fonte peut porter au moins trois fois plus que le fer avant de s'écraser, et que le fer peut porter trois fois plus que la fonte avant de rompre.

Mais il y a beaucoup à dire sur cette supériorité de la fonte sur le fer pour résister à la compression, car elle est analogue à celle des fers durs sur les fers doux pour résister à l'extension; les premiers peuvent porter jusqu'à 42 kilog. par millimètre carré avant de rompre, et ils ne s'allongent que fort peu ; les bons fers, dits fers à câbles, ne peuvent porter que 33 kil. par millimètre carré avant de rompre, et au moment de leur rupture, ils se sont allongés du quart de leur longueur.

Dans les premiers, la limite d'élasticité est de plus de 35 kilog. par millimètre carré; dans les seconds, cette limite est d'environ 13 kilog. par millimètre carré. Tout cela étant, il arrive cependant fort souvent que les premiers rompent brusquement sous un effort qui n'est pas le quart ou le cinquième de leur résistance absolue, tandis que cela n'a jamais lieu pour les seconds.

Aussi, quelque paradoxal que cela puisse paraître, quand on compare la fonte raide à la fonte douce, la fonte au fer forgé, pour résister à des efforts de compression; et le fer dur au fer doux pour résister à des efforts d'extension, on doit donner la préférence à la matière qui, dans les épreuves à outrance, a été la moins forte, car c'est toujours celle qui a la plus grande élasticité et qui fait le meilleur usage.

L'emploi de la tôle et du fer forgé est d'ailleurs bien plus rassurant que celui de la fonte, car ces matières offrent une résistance constante sur laquelle on peut avec confiance baser des calculs, ce qui n'a pas lieu pour la fonte.

Le fer forgé est à la vérité deux fois plus cher que la fonte, mais on peut lui faire porter au moins deux fois plus qu'à cette dernière ; la tôle du pont-tube Britannia a résisté en effet, lors de l'épreuve qui a été d'une tonne par pied courant, à une charge de six tonnes par pouce carré (9 kil. 44 par millimètre carré), tandis que, dans la plupart des ponts en fonte réputés les plus hardis, la fonte ne porte que 3 à 4 kil. par millimètre carré ; dans beaucoup de cas, la pression n'est même que de 1 à 2 kil. par millimètre carré.

Le remplacement de la fonte par de la tôle et du fer est donc en définitive écono-

mique, surtout pour la construction des grandes travées, où la fonte est très-difficile à employer, tandis que la tôle et le fer s'emploient, dans ce cas, aussi facilement que dans celui des plus petites ouvertures.

Si un pont ne recevait jamais de surcharges mobiles, et s'il n'avait à porter qu'une charge uniformément répartie, il suffirait de placer l'arc supposé réduit à une épaisseur mathématique, suivant une courbe peu différente de la parabole pour que cet arc fût en équilibre, instable sous des efforts de compression seulement; mais l'addition de la plus petite surcharge suffirait pour troubler cet équilibre, et il ne pourrait s'en établir un nouveau que par la mise en jeu de l'élasticité de l'arc.

Si l'arc *a b* (fig. E, pl. 11), par exemple, est en équilibre sous l'action d'une surcharge uniformément répartie sur *m n*, et qu'on exerce une action en *c*, l'équilibre est troublé, et s'il se rétablit au moyen d'un aplatissement en *c* et d'un relèvement en *d*, c'est en vertu de l'élasticité de l'arc.

Un arc en tôle et fer pouvant être considéré comme homogène, et jouissant de toute l'élasticité qu'aurait une pièce unique, on pourrait être tenté de mettre en jeu cette propriété dans un pont; mais ce serait une mauvaise opération, attendu qu'en travaillant tantôt par extension, tantôt par compression, le fer et la tôle s'altéreraient à la longue et deviendraient aigres et cassants; il se produirait là, en petit, ce qui a lieu quand on plie une feuille de tôle alternativement dans un sens ou dans l'autre; d'ailleurs, quand, dans une même pièce, des parties travaillent les unes par compression, les autres par extension, elles sont inévitablement séparées par d'autres avoisinant l'axe neutre, ne travaillant ni d'une façon ni de l'autre, et par conséquent inutiles.

Pour bien employer la matière, on doit donc chercher à faire travailler les arcs en tôle et fer d'un pont fixe par compression dans toutes leurs parties, c'est-à-dire à la manière d'une voûte en pierre, et ne compter sur leur élasticité que pour le cas de surcharges extraordinares ou de chocs imprévus.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que cette élasticité permettra sans aucun inconvénient, aux piles et culées d'un pont, des mouvements qui suffiraient pour amener la ruine de ponts en fonte ou en pierre.

Comme, quelque bien fondé que soit un pont, ces mouvements sont à craindre, et que leur effet est d'autant plus sensible que les travées ont plus d'ouverture, la prudence seule suffit pour commander de préférer la tôle et le fer à la fonte dans les constructions des grands ponts fixes.

Les considérations précédentes ont pour but de justifier l'emploi exclusif de la tôle et du fer dans la construction des arcs du nouveau système de pont, et la détermination prise de ne faire résister ces arcs que par compression, leur élasticité devant servir seulement à détruire l'effet de chocs violents imprévus, et à remédier au mouvement possible des piles et culées.

DISCUSSION DE LA FORME DES ARCS.

Puisque les arcs en tôle et fer doivent résister seulement à des efforts de compression analogues à ceux qui se produisent dans les voûtes en pierre, il est bon d'examiner ce qui se passe dans celles-ci; or, dans une voûte en pierre, il s'exerce sur chaque plan de joint des actions qui peuvent se combiner en une force unique agissant en un point de plan appelé centre de pression de ce plan, et l'équilibre ne peut subsister que si la ligne joignant ces différents centres de pression, c'est-à-dire la courbe de pression, passe constamment dans l'intérieur du profil de la voûte.

La détermination de cette courbe des pressions repose sur les principes suivants :

1° En appelant poussée horizontale l'effort qu'exercent l'une sur l'autre à la clef les deux moitiés d'une voûte, il y a toujours équilibre, quel que soit le plan de joint que l'on considère, entre cette poussée horizontale, la réaction exercée sur un plan de joint et le poids de la partie de voûte comprise entre ce plan de joint et la clef; de telle sorte qu'une quelconque de ces trois forces est égale et directement opposée à la résultante des deux autres; que, par conséquent, ces trois forces concourent en un même point situé à la rencontre de la verticale passant par le centre de gravité de la partie de voûte considérée, avec l'horizontale passant par le centre de pression de la clef;

2° Dans une voûte en équilibre, le centre de pression de la clef est toujours à son centre de figure, quoi qu'il arrive; mais les centres de pression des plans de joint des voussoirs de reins sont, tantôt près de l'intrados, tantôt près de l'extrados, selon la position de la surcharge.

L'examen des arcs du pont d'Austerlitz prouve ce fait d'une manière évidente; sur 21 voussoirs qui composent chaque arc, les sept du milieu sont intacts, les sept autres de chaque côté sont brisés.

Ces principes posés, pour arriver à tracer la courbe de pression, on cherche le poids et le centre de gravité du voussoir de clef, le poids et le centre de gravité de l'ensemble des deux premiers voussoirs de clef, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on arrive à la détermination du poids et du centre de gravité de la demi-travée entière.

On trace ensuite l'horizontale passant par le milieu de la clef, et on marque ses points de rencontre avec les verticales passant par les différents centres de gravité déterminés, puis on porte sur ces différentes verticales des longueurs proportionnelles aux poids des parties de voûte par le centre de gravité desquelles elles passent.

En combinant ces différentes forces verticales avec la poussée horizontale, qui est la composante horizontale de l'effort exercé sur chaque joint, on arrive à connaître, en grandeur et en direction, les efforts exercés sur chaque plan de joint, et par suite, à tracer la courbe des pressions.

La détermination de la poussée horizontale peut résulter de la fixation d'un point de la courbe de pression, de celui du plan de naissance par exemple; ce point étant choisi, si on le joint à celui de rencontre de l'horizontale passant par le milieu de la clef, avec la verticale passant par le centre de gravité de la demi-travée, et que par l'extrémité de la longueur verticale représentant le poids de la demi-travée on mène une ligne horizontale jusqu'à la rencontre de cette première ligne, on construit un triangle rectangle, dont le côté vertical est le poids de la voûte, le côté horizontal la poussée horizontale, et dont l'hypoténuse représente, en grandeur et en direction, l'effort exercé sur le plan des naissances.

La courbe des pressions passant constamment dans une voûte en équilibre au centre de figure de la clef et jouant dans les reins, la forme rationnelle de la joue des arcs est bien une hauteur croissant convenablement de la clef aux naissances, pour que toutes les courbes de pression possibles soient comprises dans l'intérieur du profil.

La courbe de pression d'un pont à arcs est presque concentrique à l'arc de cercle intrados, lorsque ce pont ne supporte que sa propre charge ou une surcharge uniformément répartie, mais, dans ce dernier cas, la poussée horizontale est plus grande que dans le premier.

Lorsque la moitié d'une travée seulement est surchargée, la poussée à la clef est la poussée horizontale correspondant à cette surcharge; la courbe des pressions dans la

demi-travée non surchargée, s'obtient en combinant cette poussée avec les poids des différentes parties de la demi-travée ; elle remonte donc vers l'extrados, et cela d'autant plus que la poussée horizontale d'épreuve est plus différente de celle de l'état permanent, c'est-à-dire que le rapport de la surcharge au poids de la travée est plus grand.

Dans les ponts à arcs en métal construits jusqu'ici, la hauteur des arcs est constante dans toute leur longueur ; mais, instinctivement, on est arrivé à la stabilité en rendant les travées fort lourdes, et par conséquent l'effet des surcharges insignifiant. Mais ce mode d'opérer est d'autant plus mauvais que, non-seulement il augmente l'effort exercé sur les arcs, ce qui force à augmenter leurs sections résistantes, mais qu'il consiste presque toujours en une lourde chaussée qui offre, outre l'inconvénient de fatiguer beaucoup le tablier, celui de relever considérablement le centre de gravité de toute la travée, et de rendre ainsi son déversement plus facile ; il est vrai qu'une lourde chaussée offre l'avantage de réduire les vibrations du tablier dues à une charge passagère, et que cet avantage était d'autant plus à rechercher dans la plupart des ponts existants, que leurs tabliers sont complétement indépendants du reste des travées et vibrent isolément.

Dans le nouveau système de pont, on rend le tablier le plus léger possible, afin de moins fatiguer les tympans, mais on lui donne une rigidité beaucoup plus considérable que celle des tabliers existants, et on le relie d'une manière fixe aux arcs, au moyen de tympans rigides, de manière à forcer toute la travée à vibrer ensemble ; le poids de cette travée n'étant cependant pas assez considérable dans beaucoup de cas pour empêcher complétement les vibrations, on ajoute à son poids celui d'une substance lourde et de peu de valeur : mais, au lieu de placer ce poids additionnel sur le tablier et de répartir uniformément, on loge dans l'arc et on place aussi près que possible des culées, ce qui, à poids égal, offre le double avantage d'augmenter la stabilité de la travée au lieu de la diminuer, et de réduire, proportionnellement, la pression exercée sur les arcs.

Afin de pouvoir placer près des culées la plus grande partie de la masse additionnelle, on fait croître la largeur de l'arc de la clef aux naissances, de telle sorte que la section de l'arc croît, en largeur et en hauteur, de la clef aux naissances.

L'augmentation de la largeur de l'arc de la clef aux naissances, motivée par la considération d'augmenter le plus possible le vide de l'arc près des culées, relativement à celui vers la clef, a d'ailleurs pour effet de donner à l'arc une plus grande résistance transversale, et de rendre le déversement moins facile en éloignant de l'axe le point autour duquel la rotation devrait s'opérer en cas de renversement.

Le calcul apprenant que la résistance d'un arc homogène, lorsque son élasticité est mise en jeu, croît avec le moment d'inertie de sa section, la forme transversale des arcs est bien rationnelle, car au moyen des quatre nervures placées sur les quatre arêtes elle donne, par rapport à un axe horizontal ou vertical, un très-grand moment d'inertie.

Comme l'arc ne met en jeu son élasticité que dans des cas imprévus, on doit comprendre que ce n'est point la considération d'un plus grand moment d'inertie qui a conduit à l'adoption des nervures ; celles-ci sont en effet appelées à rendre en tout temps un service tellement important que, sans elles, dans les grandes constructions, il serait peut-être imprudent de compter sur la totalité de la résistance absolue des arcs.

Ces nervures sont composées, dans la plupart des cas, de plusieurs cours de fer laminé, méplat, superposés, et reliés ensemble et à l'arc au moyen de boulons.

Les trous nécessaires au passage de ces boulons étant un peu allongés dans le sens

des bandes, ils permettent à celles ci un petit mouvement de translation, de sorte que l'on peut chasser entre leurs abouts, disposés de façon à croiser les joints, des cales de règlement qui servent à régulariser la courbure des arcs et à les dresser convenablement.

Le règlement de chaque arc étant opéré, si l'on en goupille les cales, on est certain que chaque nervure résiste à la compression comme si elle était homogène, et comme toute déformation de l'arc est impossible sans leur écrasement, on n'a aucun accident à redouter.

Le nouveau système de pont n'exigeant que l'emploi de deux arcs lourds, ayant leur centre de gravité bas, une grande largeur d'embase, et jouissant par conséquent chacun d'une stabilité déjà réelle, sera très-stable par le seul fait de la liaison du sommet de ces arcs avec le tablier, puisque les poutrelles, en s'entrelaçant, forment une immense poutre armée capable de résister, comme poutre américaine, à de grands efforts latéraux.

La rigidité latérale du tablier rendant la travée stable, l'emploi de deux arcs seulement, assurant la simultanéité de leur travail, tout l'entretoisement, destiné dans les ponts actuels à faire travailler les arcs ensemble et à former de ces arcs, un out assez stable pour résister aux efforts latéraux, devient inutile; toutefois il est peut-être convenable de placer quelques tirants obliques dans les reins afin d'augmenter la solidarité des arcs, attendu que ces tirants coûtent fort peu et qu'ils contribuent beaucoup à augmenter la rigidité d'une travée.

Les caractères distinctifs du nouveau système de pont sont les suivants :

1° Emploi de tabliers rigides en fer, construits d'après le principe de l'entrelacement des poutrelles, pouvant s'utiliser comme tabliers de ponts suspendus et comme planchers d'édifices, et tellement forts que, dans la plupart des cas de ponts fixes, ils n'exigent que l'emploi de deux arcs.

2° Emploi des tympans rigides en tôle renforcée par des cornières faisant nervures, ou en treillis en fer laminé, reliant fixement le tablier et les arcs.

3° Emploi d'arcs en tôle et fer forgé, ne travaillant que par compression et ayant la forme de tubes courbés à section rectangulaire croissant en largeur et en hauteur de la clef aux naissances.

Emploi de nervures en fer placées sur les quatre arêtes des arcs.

Emploi de cales de règlement chassées dans les abouts des nervures, pour régulariser la courbure des arcs et les dresser parfaitement.

Remplissage des arcs au moyen d'une substance additionnelle lourde jouissant d'une certaine ductilité.

Les avantages du nouveau système sont :

D'exiger très-peu d'entretien, de présenter, quant au mode d'emploi des matériaux, les meilleures conditions possibles ; d'être très-rigides et très-stables ; de pouvoir se prêter facilement à l'établissement de travées d'ouverture aussi grandes qu'on le voudra ; et enfin d'être très-économiques.

MM. Cadiat et Oudry ont aussi cherché à appliquer leur nouveau système à la construction des ponts suspendus en fil de fer. La fig. 24 du dessin (pl. 10) peut donner une idée suffisamment exacte de la disposition qu'ils proposent pour ce genre de pont. Outre les tiges verticales C qui relient le tablier D aux chaînes de suspension A, ils appliquent le réseau de liens obliques *l*, qui, d'une part, s'attachent aux chaînes par les tourillons en fer *t*, et de l'autre passent dans les anneaux des boulons *b* qui relient l'extrémité inférieure des tiges verticales avec les sabots en fonte *s* sur les-

quels reposent les bouts des pièces du tablier. Des ligatures en fil de fer *c* réunissent ces tiges et ces liens entre eux à tous leurs points de jonction, ainsi qu'avec les lignes horizontales qui composent la balustrade G et qui se trouvent dans le même plan vertical.

Les fig. 25 et 26 montrent bien le mode d'assemblage des liens avec les chaînes de suspension, et les fig. 27 et 28 celui des tringles verticales avec les mêmes chaînes. Ces tringles, terminées à chaque bout par un œil, s'adaptent par leur partie supérieure à l'anneau d'un boulon à double écrou *a* qui traverse le centre d'un axe à double tourillon *t'*, par lesquels il se relie avec les chaînes, comme les premiers tourillons *t*.

MM. Cadiat et Oudry construisent en ce moment plusieurs ponts en fer pour le midi de la France et pour plusieurs autres contrées. Les avantages que l'on a constatés par l'emploi de leur système, les économies considérables qu'ils sont arrivés à produire comparativement à d'autres constructions du même genre, leur font obtenir des commandes importantes qu'ils méritent d'autant mieux qu'ils ont fait à cet égard les études les plus complètes, et qu'ils ont acquis par suite une très-grande expérience.

En 1850, M. Cadiat, sur le concours ouvert par le gouvernement prussien, qui appelait alors les ingénieurs de toutes les nations pour la construction d'un pont sur le Rhin, à Cologne, fit un très-beau projet, qui, tout en résolvant les difficultés de la position même, démontrait par le mémoire, comme par les nombreux dessins qui l'accompagnaient, que cet habile ingénieur avait complétement résolu toutes les questions, et que le pont construit d'après ses données aurait parfaitement rempli le but. Mais, comme il arrive souvent, nous le disons avec peine, on ne daigna seulement pas accuser réception à M. Cadiat des importantes pièces qu'il avait envoyées à l'administration, et, chose curieuse, après avoir gardé le projet pendant près d'une année, on ne voulut même pas le rendre à son auteur. Ce n'est qu'après des démarches sans nombre, et après s'être adressé à l'ambassade française, qu'il put enfin obtenir qu'on lui retournât son mémoire et son portefeuille, et cela toujours sans recevoir un seul mot.

Nous sommes, du reste, un peu habitués à cette manière d'être traités de la part de la Prusse. Combien de fois n'avons-nous pas vu des demandes de brevets refusées sans raison, sans motifs plausibles, mais simplement parce que le comité auquel ces sortes de demandes sont soumises, et qui a l'extrême prétention de tout connaître, ne craint pas d'avancer qu'après examen, l'invention ne présente rien de nouveau. A notre point de vue, il nous semble qu'il serait plus franc et plus libéral de dire aux inventeurs ou importateurs : « Notre pays ne délivre pas de privilége pour les inventions « ni pour les perfectionnements ; il veut bien, comme le fait la Suisse, « profiter de vos découvertes gratuitement et comme il l'entendra, mais il « ne veut pas avoir à les acheter, lors même que vous lui payeriez une rede- « vance, comme dans les autres pays plus libéraux. »

Dans une prochaine livraison nous donnerons en détail le prix de construction du pont suspendu de Castel-Franc, dans lequel on fait emploi d'un tablier en fer avec poutrelles entrelacées.

CONSTRUCTION DE MACHINES.

CHAUDRONNERIE.

RIVETS ET ASSEMBLAGES DE TOLES,

PAR

M. ARMENGAUD aîné, Ingénieur.

(PLANCHE 12.)

Nous avons entrepris de donner dans ce Recueil les proportions des organes principaux employés dans la construction des machines, et, en faisant voir les tracés à plusieurs de nos ingénieurs et de nos mécaniciens les plus expérimentés, nous avons été fort encouragé à continuer ce travail, qui peut rendre des services par le choix des modèles et surtout par les don nées pratiques.

Nous voulons surtout arriver à faire adopter d'une manière générale certains types qui doivent réellement servir de bases dans la pratique; ce qui est d'autant plus rationnel que l'on applique aujourd'hui partout le système métrique. Il ne faut plus que les mécaniciens prennent des dimensions arbitraires pour les organes essentiels des appareils qu'ils construisent. Ils doivent être évidemment amenés à adopter des proportions communes, quelle que soit la contrée dans laquelle ils se trouvent, qu'ils habitent le nord ou le midi de la France. Il n'est pas naturel, en effet, qu'un fabricant de Marseille, par exemple, qui a commandé une machine à Paris, soit obligé de recourir au constructeur de la capitale, pour remplacer une vis, un boulon, un écrou ou toute autre pièce de peu d'importance, parce qu'il ne trouve pas le taraud ou les coussinets correspondants.

Dans ce but nous avons cherché à établir des règles simples, qui, comme on le fait en grande partie en Angleterre, étant suivies dans toutes les contrées, simplifieraient singulièrement les constructions et surtout diminueraient beaucoup les frais de réparation des machines. On parvien-

drait bientôt ainsi à faire de la mécanique en fabrication comme bien d'autres objets.

On l'a certainement bien compris déjà dans les chemins de fer, en imposant aux constructeurs, pour un très-grand nombre de pièces, des dimensions rigoureuses pour lesquelles ils n'admettent même pas de tolérance.

De telles dispositions, adoptées généralement, auraient cet avantage de permettre de faire confectionner par des fabricants spéciaux une foule d'organes que les mécaniciens sont obligés d'exécuter chez eux à grands frais.

C'est ainsi que MM. Petin et Gaudet, qui ont bien vu que le constructeur ne peut pas tout faire chez lui, ont monté à Rive-de-Gier une forge spéciale pour travailler les objets de mécanique qui doivent être en bon fer bien corroyé. Aussi ils sont arrivés à livrer des arbres de couche, des manivelles pour machines à vapeur, des essieux coudés pour locomotives ou bateaux, à des prix tellement réduits qu'ils ne s'élèvent pas à moitié de ceux auxquels ils revenaient dans les ateliers de construction.

Ce qui se fait encore d'une manière trop restreinte, trop spéciale, nous voudrions le voir adopté partout, parce que ce serait évidemment le meilleur moyen pour le mécanicien d'exécuter avec économie et de livrer des machines à bon marché. Il faudrait qu'il ne fût, pour ainsi dire, qu'occupé à organiser, à ajuster et monter les machines, et non à suivre la confection de chaque pièce séparément.

N'est-il pas déplorable, en effet, de voir encore faire dans un atelier de mécanique des vis, des boulons, des écrous, des rivets, parce que les établissements qui se sont montés, assez grossièrement du reste, pour ces genres de fabrication, n'ayant adopté aucune proportion, ne font réellement pas ce qui est convenable, rigoureusement exigé pour la bonne construction ; d'où il résulte que les mécaniciens sont dans l'obligation de s'occuper de ces détails.

Il n'en serait pas de même si on parvenait à suivre des règles précises, des dimensions invariables qui seraient exécutées avec régularité et avec toute la perfection que l'on sait et que l'on peut d'autant mieux apporter maintenant que les ateliers sont bien meublés de machines-outils de toute espèce.

Nous continuerons donc la tâche que nous nous sommes imposée sur cet important sujet, persuadé que tôt ou tard notre travail sera apprécié, comme déjà, nous ne craignons pas de le dire, il l'a été pour les parties que nous avons soumises aux personnes les plus compétentes.

PROPORTION DES TOLES ET DES RIVETS EMPLOYÉS DANS LA CONSTRUCTION DES BOUILLEURS ET DES CHAUDIÈRES.

On sait que l'épaisseur des tôles pour les chaudières à vapeur est déterminée déjà depuis plusieurs années par la formule

$$e = \frac{18 \times D \times P}{10} \times 3 \text{ mill.}$$

dans laquelle

e représente l'épaisseur des feuilles de tôle en millimètres,

D le diamètre de la chaudière en mètres,

P la pression de la vapeur dans la chaudière en atmosphères, et diminuée de la pression atmosphérique.

A l'aide de cette formule on peut aisément calculer la table suivante, en adoptant les diamètres de chaudières qui sont généralement suivis dans la pratique (1).

TABLE DES ÉPAISSEURS DE TOLE CORRESPONDANT AUX DIAMÈTRES DES CHAUDIÈRES SUIVANT LES PRESSIONS DE LA VAPEUR A L'INTÉRIEUR.

ÉPAISSEUR DE LA TÔLE en millimètres.	DIAMÈTRES AUXQUELS CES TOLES CORRESPONDENT SUIVANT LES PRESSIONS INTÉRIEURES.					
	2 atm.	3 atm.	4 atm.	5 atm.	6 atm.	7 atm.
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
4	0.55	0.27	0.18	0.14	0.11	»
5	1.11	0.55	0.37	0.27	0.22	0.185
6	1.66	0.83	0.55	0.42	0.33	0.277
7	2.22	1.11	0.74	0.55	0.44	0.370
8	2.77	1.39	0.92	0.69	0.55	0.462
9	3.33	1.67	1.11	0.83	0.67	0.555
10	3.88	1.94	1.39	0.97	0.78	0.648
11	»	2.22	1.48	1.11	0.89	0.740
12	»	2.50	1.67	1.25	1.00	0.833
13	»	2.77	1.85	1.39	1.11	0.925
14	»	»	2.03	1.53	1.22	1.018
15	»	»	2.22	1.67	1.33	1.111
16	»	»	2.40	1.85	1.44	1.203
17	»	»	»	1.94	1.55	1.329
18	»	»	»	2.08	1.67	1.388
19	»	»	»	2.22	1.78	1.481
20	»	»	»	»	1.89	1.574

Sans être guidés par des règles fixes, les divers constructeurs de chaudières ont adopté des séries de rivets correspondant à peu près à un certain nombre d'épaisseurs de tôle en usage, en limitant l'écartement de ces rivets en raison de la dimension nécessaire à la tête pour faire des joints bien étanches.

Quelques auteurs voulant établir des règles à ce sujet ont fixé le dia

(1) Voir les règlements de police relatifs aux machines à vapeur, dans le IIIe volume de ce Recueil.

mètre des rivets à deux fois l'épaisseur de la tôle; mais cette règle, qui n'est suivie par les constructeurs que dans une limite très-restreinte, ne peut être d'une application générale, parce que, si elle était observée dans toute son étendue, elle donnerait des rivets beaucoup trop petits pour les tôles minces et des rivets trop gros pour les tôles fortes.

M. Lemaître, que nous regardions comme l'un des premiers constructeurs de chaudières, a eu l'obligeance de nous communiquer la série de rivets qu'il avait adoptée dans ses ateliers.

De tout ce que nous avons rassemblé sur un tel sujet, nous pouvons affirmer que c'est cette série qui nous a paru la plus complète et la mieux étudiée.

Nous en donnons ici un tableau général qui pourra servir de terme de comparaison avec celui que nous avons calculé suivant de nouvelles règles pratiques, et que nous exposons plus loin.

TABLEAU INDIQUANT LE DIAMÈTRE DES RIVETS CORRESPONDANTS AUX ÉPAISSEURS DES TOLES, PAR M. LEMAITRE.

ÉPAISSEUR DES TÔLES en millimètres.	NUMÉROS du FIL DE FER.	DIAMÈTRE du corps des rivets en millimètres.	ÉCARTEMENT ou division de centre en centre en millim.	OBSERVATIONS.
1	20	4.5	20	Il arrive souvent que, soit à cause des dimensions des feuilles à employer, soit à cause de la nature du liquide à contenir, l'écartement des rivets varie sensiblement et surtout dans les constructions considérées comme charpentes.
2	23	6.5	22.5	Ce que nous donnons ici s'applique plus particulièrement aux bouilleurs et aux chaudières à vapeur.
3	26	8.0	25	On peut, dans certains cas, sauter de 2 en 2 millimètres pour les diamètres des rivets, à partir de 20 millimètres.
4	»	10.0	27	
5	»	12.0	30	
6	»	14.0	35	
7	»	16.0	40	
8	»	18.0	45	
9	»	19.0	50	
10	»	20.0	52.5	
11	»	21.0	55	
12	»	22.0	57.5	
13	»	23.0	60	
14	»	24.0	62.5	
15	»	25.0	65	
16	»	26.0	67.5	
17	»	27.0	70	
18	»	28.0	72.5	
19	»	29.0	75	
20	»	30.0	77.5	

En examinant ce tableau, on reconnaît d'abord que les rivets ne suivent pas une progression régulière, comme les épaisseurs de tôle. M. Lemaître a bien compris qu'il ne pouvait pas se contenter de doubler l'épaisseur pour

fixer le diamètre, il a été naturellement amené à des proportions beaucoup plus fortes pour les tôles minces, et au contraire, à des proportions bien moindres pour des tôles épaisses. Néanmoins il n'est pas parvenu à une règle commune pour toutes les épaisseurs.

Ainsi on trouve que, pour les tôles de 1 à 9 millimètres, les diamètres des rivets sont soumis à la formule

$$d = 2e + 2,$$

e, représentant l'épaisseur de la tête en millimètres, et d, le diamètre du rivet;

Et que, pour des tôles plus fortes de 10 à 20 millimètres, les diamètres des rivets sont soumis à la formule

$$d = e + 10.$$

Or, en cherchant à bien se rendre compte de la pression que les rivets doivent supporter dans la construction des chaudières, on reconnaît que, si dans une certaine limite les dimensions fixées satisfont à la condition essentielle, que la pression soit également répartie à la fois et sur la tôle et sur les rivets, cette condition n'est pas exactement remplie dans toute l'étendue du tableau.

DÉTERMINATION DE LA PRESSION SUR LA TOLE ET SUR LES RIVETS.

Pour fixer les idées à ce sujet, nous avons cherché la pression totale sur le fond de chaudières de différents diamètres, à 2, 3, 4, 5 et 6 atmosphères, comme étant la plus grande charge que la tôle et les rivets aient à supporter, et nous avons supposé que cette pression ait lieu sur le nombre des rivets qui relient le fond avec le corps cylindrique de la chaudière, et qui, par conséquent, se répartissent à égale distance sur la circonférence entière.

Nous avons admis ensuite que la même pression fût également répartie sur la section de la tôle comprise entre les rivets et sur toute la circonférence.

C'est ainsi qu'a été formée la table suivante.

TABLE SERVANT A CALCULER LA PRESSION SUR LES RIVETS ET LA TOLE DES BOUILLEURS ET CHAUDIÈRES A VAPEUR.

CHARGES ou PRESSIONS dans la chaudière.	*e* Épaisseur de la tôle en millim.	D Diamètre de la chaudière en mètres.	S Surface correspondante au diamètre en centimètres carrés.	C Circonférence correspondante en mètres.	P Pression totale sur le fond circulaire en kilog.	*n* Nombre de rivets sur la circonférence.	E Écartement des rivets en millim.	*d* Diamètres des rivets en millim.	*s* Section des rivets en centimètres carrés.	*p* Pression sur chaque rivet en kilog.	*p'* Pression par centim. carré sur chaque rivet.	*s'* Section de la tôle entre les rivets en centimètres carrés.	*p''* Pression sur cette sect. en kilog.
2 atmosphères effectives, 1.033.	4	0.55	2375.83	1.728	2465	58	30	10	0.785	42.50	54.14	45.92	53.68
	5	1.10	9503.34	3.456	9817	105	33	11.5	1.039	93.48	89.97	112.42	87.31
	6	1.65	21382.51	5.184	22088	144	36	13	1.327	153.38	115.58	198.72	111.15
3 atmosphères effectives, 2.066.	7	1.10	9503.34	3.456	19636	89	39	14.5	1.651	220.61	133.62	151.58	129.54
	8	1.40	15393.84	4.398	31804	105	42	16	2.011	302.89	150.61	217.44	146.26
	9	1.65	21382.51	5.184	44176	115	45	17.5	2.405	384.14	159.72	285.43	154.76
	10	1.95	29864.83	6.126	61701	128	48	19	2.835	482.11	170.05	369.40	167.03
4 atmosphères effectives, 3.099.	11	1.48	17203.40	4.649	53313	91	51	20.5	3.301	585.85	177.47	306.18	174.12
	12	1.66	21642.48	5.215	67070	96	54	22	3.801	698.64	183.80	372.36	180.12
	13	1.85	26880.31	5.812	83262	102	57	23.5	4.337	816.68	188.30	443.95	187.60
5 atmosphères effectives, 4.132.	14	1.56	19113.49	4.901	78977	82	60	25	4.909	963.13	196.19	399.14	197.86
	15	1.68	22167.12	5.278	91594	84	63	26.5	5.515	1090.40	197.71	457.80	200.07
	16	1.80	25446.96	5.655	105147	86	66	28	6.157	[illegible]	198.57	519.52	202.39

Il résulte de l'examen de ce tableau :

1° Que dans les chaudières en tôle mince marchant à de faibles pressions, la charge sur les rivets, par centimètre carré, est plus faible que celle sur la tôle existant entre eux ;

2° Que dans les chaudières en tôle de moyenne épaisseur, la charge sur les rivets est à peu près égale à celle sur la tôle ;

3° Et qu'enfin dans les chaudières en tôle forte, marchant par suite à de grandes pressions, la charge sur les rivets est sensiblement plus grande que celle sur la tôle.

Ainsi, par exemple, pour les chaudières de $0^{m}55$ de diamètre seulement, fonctionnant à 2 atmosphères, ce qui correspond à une pression effective de $1^{k}033$, déduction faite de la pression atmosphérique, on trouve que la pression totale sur le fond circulaire est égale à

$$P = 1^{k}033 \times \frac{\pi D^2}{4} = 1{,}033 \times \frac{3.14 \times 0.55^2}{4} = 2465 \text{ kilogr.}$$

En donnant à la tôle de cette chaudière 4 millimètres d'épaisseur suivant la formule, et d'après le tableau de M. Lemaître, en fixant le diamètre d, des rivets, à 10 millimètres, et leur écartement $E =$ à 27 millimètres de centre en centre, on trouve d'abord que le nombre n de rivets à répartir sur la circonférence est de

$$n = \frac{2\pi r}{E} = \frac{3.14 \times 0.55}{0.027} = 64 \text{ rivets,}$$

et, par suite, la pression p sur chaque rivet, en admettant qu'ils supportent ensemble la charge totale P, est égale à

$$p = \frac{P}{n} = \frac{2465}{64} = 38^{k}\,51,$$

ce qui donne pour la pression p', par centimètre carré de section,

$$p' = \frac{p}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{38.51}{0^{cq}.7854} = 49 \text{ kilogr.}$$

L'écartement E entre les rivets étant de 27 millimètres de centre en centre, la largeur de la tôle entre chaque rivet n'est que $27 - 10 = 17$ millimètres.

Cette tôle ayant 4 millimètres d'épaisseur, sa section totale s sur la circonférence entre les rivets est alors

$$s = 1^{c}.7 \times 0.4 \times 64 = 43^{cq}.52.$$

Si on suppose que la pression totale P, au lieu de s'exercer sur les rivets,

ait lieu maintenant sur cette tôle, on a alors pour la charge par centimètre carré

$$p'' = \frac{P}{s} = \frac{2465}{43.52} = 56 \text{ kilogr.}$$

On voit donc, en définitive, que, d'après ces proportions, la tôle supporte une charge plus forte que les rivets.

Pour une chaudière de $1^m 65$ de diamètre, fonctionnant à 3 atmosphères soit $2^k,066$ de pression effective par centimètre carré sur le fond, l'épaisseur de la tôle est de 9 millimètres;

D'après M. Lemaître, les rivets doivent avoir 19 millimètres de diamètre, et leur écartement doit être de 50 millimètres.

Sur ces données, on trouve que la pression, par centimètre carré, sur les rivets est de

$$149^k 81, \text{ soit } 150 \text{ kilogr.},$$

en admettant que toute la charge sur le fond se répartisse sur ces rivets; et qu'elle est de

$$152,99, \text{ soit } 153 \text{ kilog.}$$

par centimètre carré, sur la tôle existante entre les rivets, si on répartit cette charge totale sur celle-ci.

Dans ce cas, la pression est à peu près la même sur la tôle et sur les rivets.

Pour une chaudière de $1^m 35$ de diamètre, fonctionnant à 6 atmosphères (soit $5^k 165$ de pression effective par centimètre carré), l'épaisseur de la tôle est de 15 millimètres, et le diamètre des rivets, suivant M. Lemaître, est de 25 millimètres,

Il serait, suivant certains ingénieurs, de $2 \times 15 = 30$ millimètres,

Et l'écartement de 65 millimètres.

On trouve alors que la pression totale sur les rivets est de 231.71,

soit 232 kilogrammes par centimètre carré,

tandis que cette pression sur la tôle n'est que de

187.89,

soit 188 kilogrammes par centimètre carré.

C'est-à-dire que, dans ce dernier cas, la pression sur la tôle est sensiblement moindre que sur les rivets.

RÈGLES UNIFORMES POUR LES PROPORTIONS DES RIVETS.

Pour parvenir à remplir la condition expresse de rendre la pression égale sur la section des rivets et sur celle de la tôle, tout en nous rapprochant de la pratique, qui, dans cette circonstance, doit être sérieusement prise en considération, soit à cause de la main-d'œuvre, qu'il ne faut pas

augmenter, soit à cause de la dimension des têtes de rivets qui, proportionnelles aux diamètres de ceux-ci, doivent toujours présenter la surface et la solidité désirables, nous avons alors été conduits à faire diverses recherches pour arriver à soumettre les rivets à des règles uniformes. Nous extrayons de ces calculs les tableaux suivants qui satisfont aux conditions exigées, puisqu'ils démontrent que la pression maximum sur les rivets dans les différents cas, est, à très-peu près, égale à celle sur la tôle.

Nous avons donné plus haut les épaisseurs de tôle correspondant à différents diamètres de chaudières susceptibles de fonctionner à des pressions de 2 à 7 atmosphères.

D'après les résultats indiqués il est facile de voir :

1° Que le diamètre des rivets est égal à 1.5 fois l'épaisseur de la tôle, et augmenté de 4 millimètres,

$$\text{soit } d = 1.5\,e + 4 \text{ millimètres;}$$

2° Que l'écartement des rivets est égal à 3 fois l'épaisseur de la tôle, plus 18 millimètres

$$\text{ou } E = 3\,e + 18 \text{ millimètres,}$$

soit à deux fois le diamètre du rivet plus 10 millimètres, ce qui donne aussi

$$E = 2\,d + 10.$$

De ces dimensions et de celles adoptées par M. Lemaître, nous avons pu déduire celles relatives soit à la tête ou à la hauteur des rivets, soit à la rivure proprement dite.

Ainsi, nous représentons par :

- d' le diamètre de la tête du rivet,
- h' la hauteur de ladite tête,
- d'' le diamètre de la rivure finie, laquelle est le plus généralement conique et présente plus d'empatement que la tête, afin d'embrasser une plus grande surface de tôle,
- h' la hauteur de cette rivure,
- et enfin par h la longueur nécessaire à ajouter à la tige du rivet, pour servir à former la boutrolle, en supposant celle-ci de forme conique, comme on le voit fig. 3, pl. 12.

La longueur totale de la tige du rivet, avant la rivure, est donc égale à l'épaisseur des tôles à assembler, augmentée de cette longueur h.

On a successivement les formules suivantes pour toutes les dimensions proportionnelles au diamètre du rivet ou à l'épaisseur de la tôle :

$$d' = 1.8\,d. \text{ ou } d' = 2.7\,e + 7.$$

$$h' = 0.6\,d. \text{ ou } h' = \frac{9\,e + 24}{10}$$

$$d'' = 2\,d. \text{ ou } d'' = 3\,e + 8.$$

$$h'' = 0.8\,d. \text{ ou } h'' = \frac{12e + 32}{10}$$

$$\text{et } h = 1.14\,d. \text{ ou } h = \frac{12e + 32}{7}$$

D'après ces règles, qui établissent une parfaite uniformité dans l'exécution et se trouvent, sans contredit, dans les meilleures conditions pratiques, il a été facile de réunir les principales dimensions des rivets en un seul tableau que nous donnons ci-après.

TABLE RELATIVE AUX DIVERSES DIMENSIONS DES RIVETS POUR CHAUDIÈRES A VAPEUR.

Épaisseur de la tôle employée, en millim.	RIVETS CORRESPONDANTS. *d* Diamètre de la tige ou du corps du rivet. Millim.	*d'* Diamètre de la tête du rivet. Millim.	*h'* Hauteur de la tête du rivet. Millim.	*E* Écartement des rivets. Millim.	*h* Hauteur nécessaire à ajouter à la tige pour river. Millim.	*d''* Diamètre de la rivure finie. Millim.	*h''* Hauteur de cette rivure finie. Millim.
4	10.0	17.8	6	30	11.4	20	8.0
5	11.5	20.5	6.9	33	13.1	23	9.2
6	13.0	23.2	7.8	36	14.8	26	10.4
7	14.5	25.9	8.7	39	16.5	29	11.6
8	16.0	28.6	9.6	42	17.1	32	12.8
9	17.5	31.3	10.5	45	18.8	35	13.0
10	19.0	34.0	11.4	48	21.7	38	15.2
11	20.5	36.7	12.3	51	23.4	41	16.4
12	22.0	39.4	13.2	54	25.1	44	17.6
13	23.5	42.1	14.1	57	26.8	47	18.8
14	25.0	44.8	15.0	60	28.5	50	20.0
15	26.5	47.5	15.9	63	30.2	53	21.2
16	28.0	50.0	16.8	66	32.0	56	22.4
17	29.5	52.9	17.7	69	33.7	59	23.6
18	31.0	55.6	18.6	72	35.4	62	24.8
19	32.5	58.3	19.5	75	37.1	65	26.0
20	34.0	61.0	20.4	78	38.8	69	27.2

Ces dimensions, relatives à la force des rivets et à leur écartement, supposent des vases hermétiquement clos, et devant résister à des pressions plus ou moins considérables, telles sont les chaudières à vapeur. Dans tout autre cas, l'écartement et la force des rivets pourraient évidemment changer d'une manière sensible; mais la diversité des exemples particuliers où il peut en être ainsi ne permet pas de fixer aucune règle à cet égard.

TABLEAU GRAPHIQUE RÉSUMANT LES PROPORTIONS DES TOLES ET DES RIVETS.

(FIG. 1 ET 2, PLANCHE 12.)

Comme nous l'avons déjà fait pour les boulons et les écrous, nous réunissons dans un tracé géométrique les différentes proportions que nous venons d'établir entre les tôles et les rivets qui sont particulièrement appliqués dans la construction des bouilleurs et des chaudières à vapeur.

Ce tracé est représenté sur la fig. 1re du dessin, pl. 12. La ligne verticale A C représente les épaisseurs de tôle depuis 1 jusqu'à 20 millimètres, en admettant, pour rendre les dimensions plus apparentes et plus distinctes, que les divisions de cette ligne soient sensiblement plus grandes que celles de l'exécution. Ainsi nous avons supposé prendre et diviser cinq centimètres en 20 parties égales; l'échelle adoptée est donc relativement à la grandeur dans le rapport de 5 à 2. Ce rapport est, au reste, insignifiant; il n'influe en aucune manière sur les résultats. Les dimensions exactes sont toujours indiquées par les chiffres; et pour les ateliers de construction on fera bien d'adopter des divisions plus grandes encore, afin qu'elles soient très-visibles même à distance.

La ligne horizontale A B qui est divisée en 1/2 centimètres et en millimètres, donne de grandeur naturelle les diamètres du corps des rivets et de leurs têtes ainsi que les hauteurs correspondantes aux épaisseurs des tôles. Ces dimensions sont naturellement déterminées par les diverses diagonales tracées sur la figure d'après la table qui précède.

Ainsi la 3e diagonale indiquée par la lettre *d*, donne le diamètre de la tige, pour les points où elle coupe les lignes horizontales tracées des divisions 1, 2, 3, 4, etc., faites sur la ligne A C. Ce diamètre se lit soit sur la ligne horizontale supérieure C D, soit sur celle inférieure A B.

Par exemple, si l'épaisseur de la tôle est de 10 millimètres, on trouve que la ligne horizontale tirée du point 10, milieu de A C, rencontre la droite oblique *d d*, en *o* sur lequel passe la ligne verticale correspondante à 19 millim. sur la ligne C D ou sur la ligne A B. De même, les diagonales d' et d'' donnent les diamètres correspondants des têtes de rivets et les diamètres des rivures finies; et les diagonales h, h' et h'', correspondent soit à la hauteur nécessaire à ajouter à la tige, en plus des épaisseurs de tôles, soit à la hauteur de la tête du rivet, et à celle de la rivure finie.

Enfin, la diagonale E donne l'écartement qui doit exister entre les rivets. Ainsi, lorsqu'on trouve pour l'épaisseur de 10 millimètres, que le diamètre du corps et de la tige des rivets est de 19 millim., l'écartement ou la distance de centre en centre de ces mêmes rivets doit être de 48 m/m.

Nous avons aussi représenté sur la fig. 2e, à droite de la précédente, un tracé graphique qui montre à première vue les diamètres des chaudières

exprimés en mètres et les pressions auxquelles elles peuvent fonctionner avec sécurité, suivant les épaisseurs des tôles qui les composent.

Ainsi, ayant comme précédemment marqué sur la ligne verticale A′ C′, 20 divisions correspondantes aux épaisseurs successives de 1 à 20 millimètres, et sur les lignes horizontales C′ D, et A′ B, des quantités égales prises arbitrairement et représentant les pressions intérieures de 1 à 10 atmosphères, nous avons tracé, conformément au premier tableau indiqué ci-dessus (page 184) les diagonales qui donnent les diamètres des bouilleurs des chaudières, depuis 0^m 50, jusqu'à 1^m 50.

De cette sorte, pour connaître, par exemple, quelle doit être l'épaisseur de la tôle pour une chaudière d'un mètre de diamètre et timbrée à 5 atmosphères, il suffit de chercher l'intersection de la diagonale correspondante à 1 mètre, avec la verticale passant par le point 5 de la pression donnée; et la ligne horizontale tirée de ce point p, montre sur la verticale A′C′ que l'épaisseur demandée doit être de 10 millim.

On voit donc par ce simple exposé combien il est facile, à l'aide de ce tableau, de fixer d'une manière précise les diverses dimensions des tôles et des rivets qui doivent être employées dans la construction des chaudières à vapeur, sans être dans l'obligation de faire les calculs nécessaires, ni même de se rappeler les formules pratiques indiquées, puisqu'il suffit de jeter les yeux sur le tracé géométrique fig. 1 et 2, que l'on peut exécuter à une échelle quelconque.

TYPES DE RIVETS ET ASSEMBLAGES DE TOLES.

Pour compléter les documents relatifs à cette partie qui forme la base essentielle de la construction des chaudières à vapeur, nous donnons sur le dessin pl. 12ᵉ, les modèles des rivets tracés d'après les règles précédentes et présentés comme types à suivre d'une manière générale ; nous indiquons aussi les applications aux assemblages des feuilles de tôle et de cuivre pour les générateurs de machines fixes, des machines locomotives et des appareils de navires à vapeur.

La fig. 3ᵉ représente à moitié d'exécution le modèle d'un rivet préparé dans les conditions établies avec les lettres correspondantes aux règles adoptées plus haut. Si on suppose le diamètre d de la tige donnée pour correspondre à une épaisseur de tôle de 14 millimètres, alors le diamètre d' de la tête doit être de 44. 8, soit 45 millim., et sa hauteur h' de 15 millim.

Avant de refouler cette tête, on a dû évidemment se rendre compte de la quantité de métal à ménager pour couper la tige dans la tringle de fer, à la longueur nécessaire.

Remarquons à cet effet que la quantité de fer est variable suivant la forme même adoptée, laquelle peut varier depuis le cône jusqu'à la sphère. Nous avons indiqué sur la fig. 3ᵉ une forme intermédiaire entre les deux surfaces conique et sphérique, c'est-à-dire une surface *ellipsoïde*, comme étant celle qui nous a paru la plus convenable et la plus généralement

adoptée ; elle a l'avantage de conserver sur tout le pourtour extérieur, toute la force nécessaire, sans employer trop de matière et par conséquent sans faire paraître le rivet trop lourd. Ces têtes peuvent facilement se bouteroller dans des matrices à l'aide d'un mouton ou d'un balancier, ou mieux au moyen d'un poinçon énergique, opérant mécaniquement comme on l'a vu par le dessin de l'appareil ingénieux, publié dans le v[e] volume.

Pour la forme de la boutrolle, qui le plus souvent se fait encore à la main, elle est à peu près conique, d'un diamètre d'' et d'une hauteur h'' au centre, plus grandes que les dimensions correspondantes de la tête, parce qu'on admet, qu'étant plus fatiguée par le grand nombre de petits coups de marteau qui y sont donnés, elle serait moins résistante. Dans ce cas, la quantité de fer à ménager sur la tige est calculée, comme on l'a vu plus haut, par la formule $h = 1,14\ d$, qui résulte naturellement de cette équation :

$$\frac{h''}{3} \times \pi d''^2 = h \times \pi d^2.$$

$$\text{d'où } h = \frac{\frac{h''}{3} \times d''^2}{d^2}$$

dans laquelle on a même h un peu plus fort pour que la matière soit plutôt en trop qu'en dessous.

Cependant il faut le dire, une forme ellipsoïde de boutrolle, comme celle indiquée sur la fig. 4, présente plus de solidité que celle conique; seulement elle est plus difficile à produire régulièrement à la main. Bien faite, elle pourrait permettre de réduire la hauteur h'' pour la rapprocher de celle h' de la tête. On peut toujours être certain d'obtenir ce résultat en effectuant les rivures mécaniquement.

Ainsi, au moyen de la bonne et intéressante machine à river, de M. Lemaître, que nous avons fait connaître avec détails dans le IV[e] volume, on peut évidemment faire la boutrolle comme la tête du rivet, puisqu'il suffit de donner au poinçon la forme de la matrice.

En tout cas, on peut toujours s'arranger pour faire en sorte que le sommet du cône soit un peu arrondi, et que la base, au lieu de former une arête très-vive, présente une sorte de filet, qui serait aussi légèrement arrondi, afin de lui conserver plus d'épaisseur sur les bords. C'est ce que montre la fig. 5 sur laquelle nous rappelons en partie le système imaginé par le regrettable inventeur, en indiquant en coupe verticale d'une part, la matrice A qui reçoit la tête *a* du rivet, et de l'autre le poinçon d'acier ou boutrolle B qui est entaillé pour refouler la rivure *b*, et qui se meut dans une douille de pression C, laquelle maintient, comme on sait, les deux tôles à assembler parfaitement rapprochées pendant l'opération.

A l'aide d'une telle machine, la pression exercée est tellement considérable que l'on peut, dans certains cas, former du même coup la tête du rivet et la rivure. Ainsi, il suffit de préparer seulement la tête *a*

(fig. 6), en refoulant le métal de manière à présenter une espèce d'embase cylindrique un peu plus forte que le diamètre de la tige. Si on chauffe ce simple clou et qu'on l'introduise dans les deux tôles à réunir, en posant, comme sur la fig. 5, la tête sur la matrice et en pressant avec le poinçon, on obtient pour résultat le rivet formé des deux bouts comme le montrent les lignes ponctuées de la fig. 6. Les dimensions de la rivure, dans ce cas, ne sont pas sensiblement plus fortes que celles de la tête; cela se conçoit, si on remarque que les tôles sont tellement serrées, par la pression de la douille mobile, au moment de l'opération, qu'en les coupant par le milieu du rivet on ne distingue plus les joints à l'œil nu.

En résumé, nous devons observer que lorsqu'on opère mécaniquement on peut adopter les formes indiquées soit sur la fig. 4, dans laquelle la tête du rivet est *ellipsoïde* ainsi que la rivure, soit celle des fig. 5 et 6, qui montrent les rivures coniques arrondies au sommet et à la base. Et lorsqu'on opère à la main le plus communément, la rivure est simplement conique comme elle a été indiquée fig. 3, et présente une plus large base, afin de couvrir une plus grande surface de tôle, ce qui se comprend parce que, malgré le martelage répété, les feuilles ne peuvent jamais être aussi facilement liées.

Dans quelques établissements on adopte parfois des rivets dits à tôle plate, c'est-à-dire dont la tête est en partie méplate et en partie conique, comme celle tracée sur la fig. 7. Cette disposition permet de réduire un peu la hauteur de la tête, en laissant plus d'épaisseur vers les bords.

En Angleterre, on a proposé, particulièrement pour les chaudières de locomotives, de faire les rivets à chanfrein comme nous en donnons un exemple sur la fig. 8. La tête est tout à fait plate, et sa hauteur très-réduite à cause du cône ou chanfrein *c* qui pénètre dans la partie fraisée de la tôle, et ajoute à sa résistance en évitant les angles droits. Il en est de même à l'extrémité opposée, le cône rivé *c'* dans la seconde feuille de tôle permet également de diminuer l'épaisseur de la rivure extérieure. Ce système paraît réellement avantageux dans la pratique, mais il devient nécessairement d'un prix plus élevé par la main-d'œuvre qu'il exige, ce qui peut être une cause pour l'empêcher de se répandre.

Observons d'ailleurs que M. Lemaître, et après lui plusieurs constructeurs, évitent les angles prononcés, en les arrondissant en gorge, ainsi que les bords des trous de chaque tôle, comme nous l'avons exprimé sur les fig. 4 et 5.

Lorsqu'on assemble des feuilles minces, au-dessous de 4 millimètres d'épaisseur, et qui ne sont destinées qu'à la confection de vases ou d'objets non susceptibles d'éprouver de grandes pressions ou de renfermer des gaz ou de la vapeur, on fait usage de rivets très-petits qui sortent des proportions indiquées précédemment, et qui peuvent se former d'un simple coup de poinçon à la main: tel est le modèle tracé sur la fig. 9.

Les figures suivantes du même dessin (pl. 12*) représentent divers modes

d'assemblage de feuilles de tôle ou de cuivre, dans les différents cas qui peuvent se présenter pour la construction des chaudières, des bouilleurs ou d'autres capacités destinées à supporter de grandes pressions, et à recevoir de l'eau, de la vapeur, de l'air comprimé, etc. Ces feuilles sont réunies par des rivets analogues aux principaux modèles que nous venons de donner et plus particulièrement à ceux adoptés par M. Lemaître, mais elles peuvent être plates, coudées ou amincies, selon les exigences de l'appareil.

La construction la plus simple (fig. 10, 11 et 12) est de superposer les deux feuilles par leurs bords extérieurs qui sont légèrement coupés en chanfrein; mais alors, si c'est pour une chaudière, par exemple, elle ne peut présenter un cylindre exact de même diamètre dans toute sa longueur. On s'arrange, dans ce cas, pour que le bord qui recouvre d'un côté, soit recouvert du côté opposé, de sorte que ce sont des surfaces légèrement coniques qui composent toute la chaudière.

On peut s'approcher de la forme cylindrique rigoureuse, en inclinant un peu les bords des tôles (fig. 13); mais alors les rivets, qui doivent toujours avoir leurs axes perpendiculaires à la direction même des feuilles, deviennent eux-mêmes obliques.

Quelquefois on courbe ou on cintre la tôle (fig. 14), sur des mandrins en fonte, en la chauffant préalablement à une température peu élevée; ce qui a lieu, par exemple, pour certaines parties des boîtes à feu ou à fumée de chaudières de locomotives.

On emploie souvent aussi, pour ces chaudières et pour les chaudières de marine, comme pour de fortes caisses, des cornières en fer F (fig. 15 et 16) sur les faces desquelles s'appliquent les bords de chaque feuille de tôle, qui se présentent ainsi à angle droit, ou suivant un autre angle déterminé par la forme même de l'équerre. Ce mode d'assemblage est bien en usage maintenant, depuis qu'on sait faire au laminoir les cornières et les fers à té. Il présente en effet une grande facilité dans l'exécution.

La fig. 17 en est un autre exemple appliqué à la partie inférieure du foyer d'une locomotive, où l'on a employé une double cornière. D'un côté la feuille de tôle extérieure G', est assemblée avec la cornière inférieure F, et de l'autre, la feuille de cuivre G, qui reçoit l'action du feu, est rivée à la cornière supérieure F' qui se réunit à la première par une rangée de rivets. Cette disposition évite de courber ou de cintrer les feuilles de métal, mais, il faut le dire, elle exige un plus grand nombre de rivets et forme un joint de plus.

Aussi, on préfère, dans certains cas, disposer une feuille de tôle ou de cuivre doublement recourbée H (fig. 18), pour réunir les deux feuilles intérieure et extérieure G et G'. Les effets de dilatation ou de contraction que le foyer ou la chaudière peut éprouver, ne peuvent sensiblement influer sur les joints, parce que la feuille intermédiaire H peut céder par les parties cintrées. Seulement il faut pour la couder préalablement prendre

des précautions pour qu'il ne se forme pas de crics ou de fendillements qui diminueraient notablement sa résistance.

Les fig. 19 et 20 sont d'autres exemples d'assemblages, également employés pour les chaudières de locomotives, ou quelques autres systèmes de chaudières à foyer intérieur. La paroi extérieure G est supposée plane, et en tôle ; la paroi intérieure G′ est un peu recourbée par le bas et généralement en cuivre rouge. On les réunit, soit par des tiges taraudées *d* (fig. 19), qui traversent les deux épaisseurs et qui se rivent ensuite [1], soit par de longs rivets *e* (fig. 20) traversant des viroles ou manchons en fer *f*, formant embases aux deux feuilles pour maintenir l'écartement. Ce dernier mode n'est pas aussi facile à exécuter, et ne présente d'ailleurs pas autant de sécurité.

En recourbant peu la feuille on peut mettre une règle ou pièce d'écartement *g*, qui se trouve rivée avec les deux bords inférieurs comme le montre la fig. 19 ; cette pièce en fer *g* forme un cadre rectangulaire qui se prolonge sur les quatre côtés du foyer, ou si l'on peut les prolonger et l'obliquer suffisamment, on peut faire porter les deux bords directement l'un sur l'autre et les river comme l'indique la fig. 20.

Nous avons tracé sur les fig. 21 et 22, un fragment de fond de chaudière cylindrique composé de segments en tôle, et un de face et en section verticale, afin de montrer que dans certains cas, les rivets doivent assembler trois épaisseurs de tôle. Il est évident par exemple qu'à la jonction de la calotte extérieure I qui forme le fond extrême proprement dit, et qui est généralement une portion de sphère, avec les deux secteurs ou fuseaux J et J′, dont les bords sont superposés, il y a les trois épaisseurs, les rivets doivent donc être plus longs dans ces parties. Il en est de même de l'assemblage de ces fuseaux avec la partie cylindrique K de la chaudière.

Lorsqu'il faut réunir un plus grand nombre de feuilles de tôle, on trouve, parfois, avantage à les amincir par les bords, afin de réduire l'épaisseur totale. C'est ce qui a lieu sur le modèle indiqué sur les fig. 23 et 24. A l'angle d'intersection des bords des deux feuilles L et L′ avec ceux des deux autres feuilles M et M′, il y a nécessairement quatre épaisseurs de tôle ; malgré cela le rivet *i* qui se trouve à cet angle n'a pour longueur de tige entre les têtes que trois fois environ l'épaisseur de l'une d'elles, parce qu'on a eu le soin de diminuer en biseau allongé deux des tôles, afin de les rapprocher autant que possible.

Les fonds des bouilleurs et même ceux des chaudières qui ne dépassent pas 80 centimètres de diamètre, peuvent être emboutis et cintrés d'une seule pièce, ce qui évite les segments et fuseaux qui occasionnent beaucoup de peine pour leur assemblage parfait. La fig. 25 en est un exemple.

(1) M. Lemaître avait, à cet effet, adapté à sa machine à percer un taraud qu'il enfonçait en tournant dans les trous des deux feuilles; puis, à la place de ce taraud, il mettait la tige filetée, qui pénétrait de même, en tournant avec l'arbre vertical de la machine ; de sorte que l'opération s'effectuait très-rapidement et sans aucune peine pour l'ouvrier.

Dans ce cas le fond n'est pas entièrement sphérique ; il forme une sorte de surface ellipsoïde aplatie, qui peut s'obtenir sur des mandrins en chauffant préalablement la tôle.

La bouche des bouilleurs et l'entrée des trous d'homme se font assez habituellement en fonte ; l'assemblage des tôles avec ces parties de fonte a lieu de même avec des rivets dont la tête est à l'intérieur, comme le montre la fig. 26.

La tôle est destinée à jouer un grand rôle dans bien d'autres constructions que celle des chaudières à vapeur. Tous les jours on en voit faire de nouvelles applications qui sont suivies de succès. Ainsi pour les ponts, pour les bâtiments, etc., elle est employée avec avantage. Nous l'avons vue appliquée à des arbres de transmission de mouvement, de roues hydrauliques de machines à vapeur. Dans ces sortes d'exemples comme dans d'autres circonstances, on est souvent obligé de laisser d'un côté la surface entièrement lisse, sans saillies extérieures; il faut alors que la tête des rivets soit noyée dans l'épaisseur de l'une des tôles, comme le montre la fig. 27. Ou bien il faut que les tôles soient réunies bout à bout, et alors l'assemblage a lieu par une plate-bande intermédiaire en fer méplat N (fig. 28).

Il existe bien encore d'autres exemples d'assemblages de tôles, mais ceux que nous avons choisis doivent suffire pour servir de guides dans la construction.

PROPULSEUR PAR LE VIDE POUR LA NAVIGATION, PAR M. HÉDIARD.

M. Hédiard, dont nous avons publié (VIe vol.) le mode de fermeture pour chemin atmosphérique, fait exécuter en ce moment, chez M. Rouffet, un nouveau système pour remplacer, dans les navires à vapeur, les divers genres de propulseurs à roues, à hélices ou à palles, qui ont été proposés ou exécutés jusqu'à présent.

Ce système consiste dans l'emploi de pompes aspirant l'eau à l'avant du bateau et la refoulant à l'arrière. Cette idée n'est pas neuve, à la vérité. Nous avons, il y a plusieurs années, fait connaître les essais de M. Cadiat, et on sait aussi que M. Cavé s'est occupé de la même question depuis longtemps. Mais les projets qui ont été tentés à cet égard n'ont peut-être pas été poursuivis suffisamment pour donner les résultats qu'on aurait pu en attendre. Il est à désirer que M. Hédiard soit plus heureux ; ce serait en effet d'un grand service pour la navigation ; il n'épargne pour cela aucuns frais ; nous avons pu voir les divers systèmes de pompes, rotatives ou autres, qu'il a déjà expérimentées.

Nous devons le dire, il y a des difficultés pratiques à surmonter, pour lesquelles il faut nécessairement une grande persévérance et beaucoup d'études. On peut du moins avoir de l'espérance, car le projet est entre bonnes mains.

MOULIN A VENT

DE TROIS PAIRES DE MEULES, AVEC SCIERIE, HUILERIE ET MANÉGE,

ÉTABLI DANS LE DÉPARTEMENT DE L'INDRE

Sous la direction de **M. le docteur J.-Ch. HERPIN,**

PROPRIÉTAIRE A PARIS.

(PLANCHE 13.)



Les moulins à vent ont été introduits en France et en Angleterre à la suite des croisades, vers l'an 1040; on pense qu'ils auraient été employés dès l'année 718 en Bohême, et que leur usage y aurait précédé celui des roues hydrauliques (1).

Toutes les personnes qui voyagent dans le nord de la France, dans une partie de la Belgique, et surtout en Hollande, remarquent avec surprise cette prodigieuse quantité de moulins à vent qu'on y rencontre à chaque instant. C'est une espèce d'ornement qui rend ces vastes plaines moins solitaires, et offre aux yeux des points de vue qu'on suit avec plaisir jusqu'à l'extrémité de l'horizon. Ce n'est évidemment pas là le motif qui a porté les Hollandais à couvrir pour ainsi dire leur sol de moulins à vent; l'intérêt seul a présidé à ces établissements, qui sont autant de manufactures produisant abondamment des farines, des huiles, du tabac, et particulièrement des bois débités.

Les Hollandais, si propres et si recherchés dans la construction de leurs navires, ne le sont pas moins dans celle de leurs moulins. Quiconque a vu ceux des environs de Paris, et les compare aux leurs, croit passer d'un pays barbare dans un pays policé : simplicité, élégance, économie et solidité, tels sont les principes qui les dirigent toujours.

Disons toutefois que dans plusieurs contrées de la France on n'est pas resté en arrière pour la construction des moulins à vent, et que l'on y a même apporté des perfectionnements très-importants, soit pour en obtenir plus d'effet utile, soit pour permettre de s'orienter seuls, pour augmenter ou diminuer la voilure à volonté, soit enfin pour les rendre propres à diverses applications.

Plusieurs modèles de moulins à vent existent au Conservatoire des arts et métiers, les uns tournant sur pivot, d'autres à calottes tournantes; il y en a dont les ailes sont horizontales; on y remarque surtout un modèle de

(1) Voyez le catalogue des collections du Conservatoire des arts et métiers, par M. le général Morin.

moulin à la hollandaise, avec tour en pierre, construit par M. Périer, et un autre exécuté en bois, d'après celui de l'Académie, et publié dans le tome VIII des Bulletins de la société d'Encouragement.

On y remarque aussi des moulins à axe vertical, dits à la polonaise, marchant à tout vent; des directrices fixes conduisent l'air sur les ailes, qui sont ordinairement planes et quelquefois concaves. Pour transmettre avec ce dispositif un même effet utile, il faut beaucoup plus de surface d'ailes qu'avec les moulins ordinaires à la hollandaise; aussi ils ne conviennent que pour mouvoir de petites machines à élever les eaux.

Il existe également dans la collection du Conservatoire plusieurs panémores à voiles triangulaires, à ailes brisées et à aubes courbes. On sait que le mot *panémore* signifie poussé par tous les vents, et devrait dès lors convenir à tous les moulins; il n'a été appliqué toutefois qu'aux moulins horizontaux, et plus particulièrement à ceux d'entre eux dont la surface des ailes est une sorte de conoïde, présentant alternativement sa concavité et sa convexité à la direction du vent.

Dans les environs de Lille, on compte aujourd'hui un très-grand nombre de moulins, montés sur de grandes dimensions, pour faire marcher les meules et les presses propres à la fabrication de l'huile. On peut les considérer comme de veritables usines marchant concurremment avec les moulins à eau et à vapeur. A Marseille et dans le midi de la France, on rencontre aussi beaucoup de moulins particulièrement destinés à faire marcher des pompes pour élever l'eau. Dans plusieurs contrées, on voit aussi des moulins à vent, avec 2, 3 à 4 paires de meules pour moudre le blé, avec les appareils de nettoyage et de blutage. Tel est le moulin de M. HERPIN, dont nous allons donner la description; tels sont aussi les moulins construits par MM. Warrall, Middleton et Elwell de Paris.

Nous devons mentionner tout particulièrement M. Amédée Durand, ingénieur mécanicien, qui s'est occupé de cette question depuis plus de vingt-cinq ans, et qui a rendu, on peut le dire, de véritables et utiles services à un grand nombre de propriétés agricoles, par ses bons et ingénieux moulins à vent s'orientant seuls, et fournissant l'eau avec une abondance suffisante, sans travail, sans main-d'œuvre, et pour ainsi dire sans frais. Aussi le nombre d'appareils de ce genre qu'il a établis sur tous les points de la France est-il très-considérable.

Nous devons à l'obligeance bien connue de M. Herpin la communication des dessins de son moulin et des documents qu'il a bien voulu mettre à notre disposition pour la description qui suit.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU MOULIN
REPRÉSENTÉ SUR LE DESSIN PL. 13.

Ce moulin est situé dans le département de l'Indre, près de la route d'Issoudun à Romorantin, entre les villes de Vatan (Indre) et de Graçay (Cher), sur la propriété de la Beaupinière, commune de Reboursin (Indre).

Il est construit en maçonnerie et en charpente, sa base est ronde, et au-dessus il a la forme d'une tour octogonale; le toit qui supporte la volée est mobile et tourne sur lui-même, afin de mettre les ailes au vent. Le moulin contient trois paires de meules de différents diamètres, avec les bluteries et appareils de nettoyage pour les grains, une scierie circulaire. Il est disposé en outre pour recevoir, ultérieurement, une huilerie à meules verticales, avec pilons et presse à coins; et à l'extérieur, dans un hangar séparé, une petite machine à battre le blé, le trèfle et la luzerne. Enfin il peut être mis en mouvement par un manége.

Le rez-de-chaussée contient une chambre servant de bureau; la scierie et l'emplacement de l'huilerie.

A l'entresol se trouvent les bluteries; au premier étage sont les meules; aux étages supérieurs sont les magasins de blé et de farine, les nettoyages, etc. Un grand arbre vertical, placé au centre du bâtiment, transmet aux meules et aux différentes parties du moulin le mouvement qu'il reçoit lui-même de l'arbre tournant horizontal qui porte les ailes.

De la charpente ou batis du moulin. — La carcasse octogonale en charpente se compose de 8 pans qui sont formés, chacun, par 2 poteaux verticaux de 12 mètres de hauteur, réunis et assemblés entre eux au moyen de traverses et de croix de saint André disposées comme on le voit sur les fig. 1, 2 et 3 de la pl. 13. Le pied de chaque poteau repose sur un dé en pierre de 1 mètre de hauteur.

Le diamètre de la tour est de 8 mètres au bas des poteaux, et de 5 mètres 50 centim. au haut.

La tour est terminée supérieurement par une plate-forme horizontale solidement assemblée avec les têtes des poteaux et les traverses des pans. Sur cette plate-forme est fixé un fort cercle de fer, formant rail ou chemin circulaire, sur lequel roulent les galets coniques en fonte qui supportent en partie le toit mobile du moulin.

Le bâtis extérieur, ou la tour proprement dite, ne supporte qu'une partie de la charge. Un autre système de charpente, présentant une sorte de beffroi, placé dans l'intérieur du moulin, sert à supporter la plus forte part du poids des planchers, des meules et de la *chaise* sur laquelle repose le toit mobile.

Cette charpente intérieure se compose de trois beffrois superposés, formés chacun de quatre forts poteaux verticaux, disposés en carré, dont les têtes, renforcées par quatre liens embrevés, supportent les poutres et les planchers de chaque étage. Elle est indépendante de la carcasse extérieure de la tour; mais ces deux systèmes se relient, se soutiennent et se consolident mutuellement. Les poutres qui supportent les planchers à chaque étage sont au nombre de quatre, dont deux en long, deux autres en travers, entaillées à mi-bois; à ces poutres sont attachées des lambourdes sur lesquelles s'appuie le solivage des planchers. Les quatre poutres sont disposées de manière à laisser entre elles, et au centre du bâti-

ment, un espace vide, un carré pour le passage de l'arbre vertical et des pièces qui y sont attachées. Les extrémités de ces poutres reposent sur les traverses correspondantes des pans de la tour avec lesquelles elles sont liées par des boulons.

La poutre transversale du premier étage, qui se trouve au-dessous de la meule n° 1, est assemblée à queue d'hironde, avec épaulement en escalier, dans les deux poutres longitudinales correspondantes, de sorte que l'on peut enlever avec la plus grande facilité le solivage et le plancher, pour le passage des meules, de l'arbre vertical, etc.

Les poteaux du beffroi reposent au rez-de-chaussée sur quatre dés en pierre; ils laissent entre eux un espace ou écartement suffisant pour le manége, qui a 2 mètres 50 cent. de rayon; mais le beffroi se rétrécit à chaque étage, les poteaux se rapprochent entre eux sur deux faces.

Cette disposition a pour objet de faire porter directement par les poteaux eux-mêmes le beffroi ainsi que la *chaise* sur laquelle repose et s'appuie la calotte ou toit mobile.

Lors du *levage* du moulin, on a monté d'abord le beffroi sur lequel on a établi ensuite les chèvres, les treuils, etc., destinés à monter les pans de la tour.

L'extérieur de celle-ci est revêtu de planches amincies à leur bord supérieur, et imbriquées, ou d'ais chanlatés. Aux angles des pans, les joints des ais sont recouverts avec une bande de tôle, pour empêcher la pluie de pénétrer par l'intervalle des joints.

Seize fenêtres éclairent convenablement l'intérieur du moulin, et donnent des issues nombreuses pour les réparations.

A la partie supérieure de chaque pan on a ménagé une large ouverture, recouverte par une planche horizontale mobile sur des gonds, pour faciliter le passage des cordages et échafaudages nécessaires pour les réparations, etc.

La *calotte*, ou toit mobile, est établie sur une plate-forme composée de fortes pièces de bois entre-croisées, et laissant entre elles les intervalles nécessaires pour le passage du rouet de la volée, de l'arbre vertical, de l'escalier, etc.

Sur cette plate-forme sont assemblés les arêtiers, chevrons et autres pièces formant la charpente du comble conique, ainsi que deux balcons spacieux, de 4 mètres carrés, sur lesquels on peut établir les chèvres, treuils et accessoires nécessaires pour les réparations du moulin. De cette plate-forme l'on jouit d'une vue tout à la fois pittoresque et très-étendue.

Des escaliers ménagés dans le comble, et tournant avec lui, permettent d'arriver aux balcons sans danger ni difficulté.

ORGANES DU MOULIN.

Des ailes et de la volée. — La disposition, les dimensions, la forme, l'inclinaison des ailes de moulin à vent, ont fait depuis longtemps le sujet

d'études très-approfondies des praticiens et des savants les plus distingués. Euler, Bernouilli, Coulomb, d'Alembert, Smeaton, Molard, etc., ont laissé à cet égard des travaux très-remarquables.

Dans le principe, M. Herpin avait fait construire les ailes du moulin dont il est question suivant la méthode hollandaise ou flamande, en donnant à leurs éléments les inclinaisons reconnues par Smeaton (1) comme les plus avantageuses pour la pratique. En voici les dispositions :

Le rayon, ou la longueur de l'aile, est supposé divisé en 6 parties et $\frac{1}{8}$. La première division ou le premier élément, à partir du centre, est désignée par 1, et celle correspondant à l'extrémité de l'aile est désignée par 6.

ANGLES EN DEGRÉS.

Numéros des divisions ou éléments.		Faits avec l'axe ou plan de rotation.	Avec le plan du mouvement.
0	centre.	»	»
1	—	72°	18
2	—	71°	19
3	milieu de l'aile.	72°	18
4	—	74°	16
5	—	77,5	12,5
6	extrémité.	83°	7

La volée construite d'après les indications qui précèdent avait 24 mètres de diamètre ; sa puissance était considérable; l'allure du moulin était régulière; il n'était pas sujet à *s'emporter*, comme il arrive avec les ailes d'une petite envergure. Mais l'inconvénient d'arrêter le moulin pour le vêtir ou le dévêtir, suivant les changements ou l'intensité plus ou moins grande du vent, les pertes de temps qu'entraîne cette opération, la difficulté de trouver dans le pays des meuniers habiles et assez hardis pour grimper aux vergues dans les gros *temps*, une chute survenue à l'un d'eux en voulant dévêtir pendant l'orage, divers autres motifs encore, ont déterminé l'auteur à remplacer la volée hollandaise vêtue de toile par la volée en planches mobiles de M. *Berton*, que l'on peut régler, ouvrir et fermer avec la plus grande facilité, de l'intérieur même du moulin.

Voici quelle est sa construction : chaque aile est formée de 11 planches minces de sapin, de 1 centim. d'épaisseur, 25 centim. de largeur, et de 8 mètres de longueur. Ces planches font un parallélogramme mobile, une sorte d'éventail dont les lames peuvent se superposer les unes aux autres, s'ouvrir et s'écarter plus ou moins, à la manière des deux branches de la règle parallèle du dessinateur. (Voy. fig. 1 et 4.)

Sur la face antérieure du bras ou volant de l'aile sont adaptées 6 barres tournantes, de 2 mètres 50 centim. de longueur, mobiles sur un axe qui

(1) Smeaton. — Recherches expérimentales sur l'eau et le vent. — Traduit par P.-S. Girard. — 2e édition, page 45.

les traverse par le milieu. Ces barres étant placées transversalement, c'est-à-dire perpendiculairement au bras, et bien parallèles entre elles, on attache sur chacune de ces barres, au moyen d'une seule vis, le bord interne de la planche, qui est garnie d'une bande de tôle percée d'un trou pour le passage de la vis qui fait l'office d'un tourillon, et qui doit tourner librement dans l'œil pratiqué au bord de la planche.

Il résulte de cette disposition, qu'en faisant tourner une de ces barres sur son axe de manière à la rendre parallèle au bras, la planche qui est fixée par une seule vis à chacune des autres barres parallèles à la première, suit le mouvement de la barre tournante, se rapproche du bras, entraîne dans son mouvement les cinq autres barres, qui viendront, ainsi que la planche elle-même, se rapprocher du centre et le placer dans la direction du bras.

On commence par attacher, au moyen d'une vis, à chacune des barres transversales, la planche qui ferme le bord interne de l'aile; on place ensuite les autres planches de la même manière, à la suite les unes des autres, de telle sorte que le bord externe de la seconde planche recouvre de 2 centimètres le bord interne ou les pointes d'attache de la première; on continue ainsi de suite jusqu'à la dernière planche.

Lorsque l'aile est ployée, que les barres sont parallèles au volant, toutes les planches qui la composent sont superposées les unes aux autres, ainsi qu'au volant lui-même, et ne présentent alors au vent qu'une surface de 35 centimètres de largeur, qui ne dépasse guère l'épaisseur du bras lui-même.

Lorsqu'on ouvre l'aile, les barres, tournant sur leur axe, se placent transversalement, c'est-à-dire perpendiculairement au bras; alors les planches se découvrent, s'écartent comme un éventail, et présentent au vent un parallélogramme ayant une surface de 8 mètres de longueur sur 2 mètres ou 2 mètres 50 centim. de largeur, plus ou moins, selon le degré d'ouverture qu'on donne à l'aile.

Il y a une autre disposition des ailes en planches, qui sont posées horizontalement et attachées par leurs extrémités, et pivotant sur les deux branches d'une sorte de règle parallèle. C'est toujours le même principe au fond, variant dans ses applications (1).

Les ailes en planches sont tout à fait planes; elles ne présentent point au vent, comme l'aile hollandaise, une surface gauche ou concave dont les éléments, convenablement inclinés et disposés, utilisent toute la force du moteur; mais l'impénétrabilité des planches par le vent compense en partie ce vice de construction.

L'inclinaison de l'aile en planches, c'est-à-dire l'angle qu'elle fait avec le plan du mouvement, est d'environ 18 degrés.

(1) La volée de M. Berton est décrite et figurée avec détails dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, année 1849, page 199.

Les meules et les diverses parties du moulin marchent avec la vitesse la plus convenable quand la volée, ayant toute sa voilure, fait 11 à 12 tours par minute, ce qui représente pour le vent une vitesse de 5 à 6 mètres environ par seconde.

D'après Coulomb, les moulins ne commencent à tourner que quand le vent a 4 mètres de vitesse par seconde.

Si la vitesse est de 8 mètres, il faut déshabiller en partie les ailes.

On a reconnu, par expérience, que le rapport de la vitesse du vent au nombre de tours des ailes est sensiblement de $0^m 54$; d'où il suit que si l'on compte le nombre de tours de l'aile d'un moulin pendant une minute, et qu'on multiplie ce nombre par $0^m 54$, on aura la vitesse du vent par seconde et en mètres. — D'après Smeaton, il faut multiplier par 3 la vitesse de l'extrémité tournant avec charge, c'est-à-dire que l'extrémité de l'aile va trois fois plus vite que le vent.

La pression qu'exerce le vent sur 1 mètre carré de surface de l'aile, varie avec la vitesse du vent.

A 2 mètres,	la pression	=	0 kil.	492
4	—	=	1	968
5	—	=	3	075
6	—	=	4	428
7	—	=	6	027
8	—	=	7	872
9	—	=	9	963
10	—	=	12	300
11	—	=	14	883
12	—	=	17	742
15	—	=	27	675
18	—	=	39	852

(FRANCOEUR, *Dictionnaire technologique.*)

On pourrait ouvrir et fermer les ailes en planches à la manière ordinaire, en arrêtant le moulin au moyen du frein, en tirant ou poussant chacune de ces ailes par l'une de leurs extrémités, soit en bas, soit en haut ; mais au moyen d'un mécanisme adapté à l'arbre tournant de la volée, et que l'on fait agir de l'intérieur du moulin, on peut ouvrir et fermer plus ou moins les ailes, proportionner leur surface à la force du vent, sans arrêter aucunement la marche du moulin, sans être obligé de sortir ni d'aller aux volants.

Voici en quoi consiste ce mécanisme : A l'extrémité de la barre tournante la plus rapprochée du centre, à chacune des ailes, est adaptée une longue crémaillère *i* (fig. 4) qui vient s'engrener dans un pignon central fixé au bout de la tête de l'arbre tournant A (fig. 1 et 2). Ce pignon communique à une roue dentée dont l'axe est formé par une tige de fer qui

traverse l'arbre tournant dans toute sa longueur. Cette tige porte à son extrémité intérieure, près du petit collet de l'arbre tournant, un autre pignon qui est en communication avec une grande roue dentée intérieurement, et concentrique à l'arbre. Cette dernière tourne toujours avec l'arbre, bien qu'indépendante, et pouvant, dans certains cas, tourner sur elle-même dans un sens opposé à celui des rotations de l'arbre. Des bras ou leviers adaptés à cette roue permettent de la faire tourner à volonté, soit dans un sens, soit dans l'autre. Lorsque l'on veut fermer les ailes, on saisit l'un des bras de la roue dentée concentrique dont il vient d'être question ; celle-ci est alors arrêtée dans son mouvement, mais l'arbre, en continuant à tourner, emporte avec lui et fait tourner l'axe ou la tige qui porte le pignon des crémaillères; celles-ci, sollicitées par leurs pignons, tirent les barres tournantes des ailes, rapprochent les planches et ferment l'aile.

En augmentant ou en diminuant, selon les circonstances, la largeur des ailes, et par conséquent leur surface, on accélère ou l'on diminue leur vitesse, et l'on peut régler et régulariser de cette manière la marche du moulin.

On pourrait aussi disposer un régulateur qui ferait ouvrir ou fermer spontanément les ailes. M. Herpin a vu en Angleterre des ailes de moulins formées par des portes ou volets en tôle suspendus horizontalement sur des gonds, à peu près comme sont les lames des persiennes et des jalousies.— Des contre-poids convenablement calculés maintiennent ces volets fermés lorsque le vent est convenable; mais s'il est trop fort, les volets s'entr'ouvrent et laissent passer le vent,

Pour ralentir l'excès de vitesse momentanée des ailes, occasionné par les coups de vent, M. Herpin a pensé que l'on pourrait adapter à l'arbre tournant horizontal le bras ou levier d'une petite pompe aspirante et foulante plongée dans un cuvier; le goulot, fermé par un robinet, laisserait passer une quantité d'eau déterminée par seconde, de telle sorte que si le piston marchait trop vite, il serait bientôt arrêté par l'excès d'eau contenue dans le corps de pompe qui ne pourrait s'échapper plus vite que ne le permet l'ouverture du robinet. Si le robinet était fermé, la résistance de l'eau empêcherait le piston de descendre, et le moulin serait arrêté.

Un système de régulateur à eau, comme celui proposé par M. Delrué pour les moteurs hydrauliques, avec les perfectionnements apportés par M. Brière de Pont-Remy, pourrait sans doute s'appliquer à ce sujet avec avantage.

La substitution des ailes planes aux ailes hollandaises concaves, la diminution de longueur de ces ailes, portée de 12 à 10 mètres, ont occasionné aussi une réduction notable de la force de la volée, qui cependant est toujours suffisante pour faire marcher convenablement l'usine lorsque le vent est moyennement fort.

L'impénétrabilité des planches, leur résistance au vent, augmentent, à

dimensions égales, la puissance de la volée, mais elles exposent par cela même le bras à une torsion fâcheuse. D'un autre côté, le poids considérable des planches, des boulons, des barres, etc., fatigue les bras, les fait fléchir, ployer, et peut même en déterminer la rupture, surtout si l'on arrête un peu brusquement la marche rapide de la volée lorsqu'on serre le frein.

A part ces inconvénients, qui ne laissent pas d'être graves, la volée en planches présente une économie notable, quant à l'entretien, sur la volée en toile.

Cependant la difficulté de faire établir en province par des ouvriers ordinaires les volées en planches, ou de les réparer; de plus, l'obligation où l'on se trouve de faire venir exprès de Paris des ouvriers fort dispendieux, quelquefois incapables ou exigeants; ces motifs doivent être soigneusement pesés et pris en considération par les personnes qui auraient l'intention de substituer la volée en planches à la volée ordinaire en toile, construite conformément aux données de l'art et de la science.

Orientation. — Les ailes, pour être mises en mouvement, doivent présenter leur surface au vent. Pour cela, on fait tourner le toit mobile au moyen d'un levier ou appendice que l'on nomme la *queue*, qui est fixé à la calotte du côté opposé aux ailes. A la partie inférieure de la queue est attachée une corde qui s'enroule sur un cabestan mobile que l'on nomme *brouette*.

La queue est supportée à sa partie supérieure par deux pièces de la plate-forme; elle s'assemble avec l'enrayure de la calotte, et elle est maintenue dans sa position au moyen de trois grands boulons en fer ou de deux grands bras ou leviers latéraux qui viennent s'assembler aux extrémités d'une longue pièce de bois transversale qui fait partie de la plate-forme tournante.

M. Herpin a vu en Angleterre, notamment aux environs de Brighton, plusieurs moulins à vent munis d'un mécanisme particulier au moyen duquel ils peuvent s'orienter et se mettre au vent d'eux-mêmes.

Voici la disposition de ce mécanisme : Une roue en éventail ou à hélices, ayant 8 ailettes en tôle, d'environ 1 mètre de rayon, est placée verticalement à trois mètres en arrière du toit mobile qui la supporte au moyen d'un appendice particulier. L'axe de la roue à hélice est horizontal, et porte un pignon conique ou une vis sans fin qui fait marcher une suite de roues dentées commandées par des pignons d'un petit diamètre, et aboutissant à une crémaillère circulaire fixée à la circonférence de la tour du moulin. Lorsque la roue à ailettes est frappée par le vent, soit d'un côté, soit de l'autre, elle se met en mouvement jusqu'à ce que son plan de rotation se trouve exactement dans la direction du vent lui-même.

La roue à hélices, tournant avec son axe, fait marcher les engrenages, et par suite tourner le toit, soit à droite, soit à gauche, suivant les circonstances. Il résulte de la différence des diamètres des roues menantes avec

ceux des roues menées, que la roue à hélices fait un grand nombre de tours pour faire avancer le toit de quelques centimètres; et c'est la multiplication de la force par cette disposition des engrenages qui donne à ce petit récepteur la puissance nécessaire pour mettre en mouvement une masse aussi considérable que le toit du moulin.

Plusieurs de ces mécanismes sont construits depuis trente ans et plus, et fonctionnent bien. L'établissement de ce mécanisme d'orientation spontanée ne laisse pas d'être dispendieux : il ne coûterait en France guère moins de 1,000 francs.

Le Bulletin de la Société d'Encouragement, année 1819, page 247, fait mention d'un mécanisme analogue à celui dont il vient d'être question.

Le *Mécanicien anglais*, de J. Nicholson (1), présente, quoique d'une manière fort peu intelligible, quelques dispositions à peu près semblables à celle dont il s'agit.

Dans les moulins de MM. Delamolère et A. Durand, le vent frappe les ailes par derrière au lieu de les frapper en avant, comme à l'ordinaire; les ailes font alors l'office de girouette, et les moulins s'orientent spontanément. Mais les ailes de ces moulins sont très-petites (de 2 à 4 mètres de rayon), et au nombre de huit. On n'a pas encore fait usage de cette ingénieuse disposition pour les volées d'une grande envergure.

Des arbres tournants. — Ils sont au nombre de deux : l'arbre *horizontal* A, qui porte les ailes, et l'arbre *vertical* V, qui porte le grand rouet.

L'arbre tournant *horizontal* de la volée ne diffère pas de ceux dont on fait habituellement usage dans les moulins à vent. Cet arbre est incliné à l'horizon, de 12 degrés. Tous les constructeurs de moulins à vent donnent une certaine inclinaison à l'arbre tournant : elle varie de 8 à 15 degrés. Les auteurs qui ont écrit sur cette matière n'ont point expliqué parfaitement l'objet de cette inclinaison.

On a dit que les courants d'air ne se meuvent pas dans une direction horizontale, que les courants agissent en plongeant vers la terre sous des angles qui varient de 8 à 15 degrés, et qu'on a dû, par conséquent, disposer l'arbre tournant dans une direction oblique à l'horizon.

D'autres ont pensé que cette inclinaison avait pour objet d'éloigner l'aile du pied du moulin, qui, faisant obstacle à la fuite de l'air, occasionne un remou préjudiciable à la marche du moulin.

Dans les expériences faites en petit sur un modèle de 2 mètres, M. Herpin a observé que quand l'arbre tournant avait une inclinaison de 15 degrés, le collet de l'arbre ne portait presque plus sur son coussinet toutes les fois que les ailes tournaient avec une grande vitesse. Il a vu même, à plusieurs reprises, sous cette inclinaison, la volée se soulever et être culbutée par le vent. Il est donc disposé à croire que l'inclinaison de l'arbre,

(1) Tome I, page 97 de la traduction française. — 1842. Le Dentu.

indépendamment d'autres causes, a pour but de donner plus de légèreté à la marche de la volée en diminuant le frottement et la pression considérable qu'exerce le collet de l'arbre sur son coussinet.

Vers la partie moyenne de l'arbre de la volée est fixé un fort rouage conique R, en bois, de 3 mètres 30 cent. de diamètre, et qui a 86 dents. Cette roue mène un pignon en fonte placé à la partie supérieure de l'arbre tournant vertical dont il va être question.

L'arbre horizontal est percé dans toute sa longueur pour recevoir la tige du mécanisme destiné à faire ouvrir ou fermer les ailes.

Les deux collets de l'arbre sont garnis de bandes de fer ou *allumelles* qui les conservent cylindriques.

Le collet de la tête tourne sur un coussinet de marbre noir.

Le rouage conique R est entouré comme à l'ordinaire d'un fort cercle en bois que l'on nomme le *frein*, et qui sert à arrêter le moulin par la pression et le frottement qu'il exerce sur la circonférence du rouet.

L'arbre tournant *vertical* V est placé au centre du moulin ; il s'élève depuis le rez-de-chaussée jusqu'au toit mobile, où son tourillon est reçu dans un collier adapté à l'une des pièces de la charpente.

Cet arbre est maintenu dans une position verticale au moyen de colliers en fonte et de coussinets qui sont placés à chaque étage au niveau des planchers, dans l'épaisseur du solivage.

Ces colliers sont en fonte tournée, composés de deux demi-cercles réunis par des oreilles ou des charnières qui se trouvent placées dans l'intérieur du collier et sont réunies par des boulons. Les coussinets, en bois de cormier, d'un décimètre d'épaisseur, sont formés de deux parties susceptibles de se rapprocher et de s'écarter en différents sens au moyen de coins, de manière à maintenir l'arbre dans une direction verticale, et à empêcher la flexion ou le fouettement qu'il éprouverait par suite de sa grande longueur (près de 15 mètres), s'il n'était pas maintenu en divers points par ces coussinets.

Cet arbre porte à sa partie supérieure un pignon conique en fonte, qui a 46 dents, et qui engrène avec les dents ou alluchons du grand rouet de l'arbre horizontal qui porte la volée. L'arbre vertical fait deux tours pour un de l'arbre de la volée.

A cet arbre sont aussi adaptées : 1° une roue dentée conique et le treuil du monte-sac ; 2° des poulies de diamètres différents qui font marcher, au moyen de courroies, les bluteries, le tarare et les appareils de nettoyage des grains, ainsi que la scierie.

La pièce principale, que porte l'arbre debout, est le grand hérisson H qui met en mouvement les pignons des meules.

Cette grande roue a 3 mètres 40 cent. de diamètre ; les bras sont en bois, assemblés solidement dans une couronne en fonte portant 192 dents de 3 centimètres d'épaisseur et de 1 décimètre de hauteur.

A chaque étage au-dessus des planchers, l'arbre vertical est renfermé

dans une sorte de boîte hexagonale en bois, de 1 mètre 25 centim. de hauteur, s'ouvrant à charnière.

Ces boîtes ont pour objet d'empêcher que l'on n'appuie quelques objets contre l'arbre et que l'on ne s'en approche lorsqu'il est en mouvement, ce qui pourrait quelquefois donner lieu à des accidents.

ÉTAGES.

Le *rez-de-chaussée* forme une vaste pièce circulaire ayant 14 mètres de diamètre, entourée d'un mur en maçonnerie de 2 mètres 50 centim. de hauteur, percée de deux larges ouvertures ou portes placées en face l'une de l'autre, pour l'entrée des voitures dans l'intérieur du moulin. Du côté de l'est se trouve une pièce éclairée par une fenêtre, ayant une petite cheminée et servant de bureau; près de là, l'escalier conduisant aux étages supérieurs; enfin, la scierie circulaire qui est mise en mouvement par l'arbre debout vertical.

La disposition de la scie circulaire ne diffère point de celle des autres scieries du même genre. Elle fait, par un bon vent, 7 à 800 tours par minute.

Au centre du bâtiment se trouve le grand arbre vertical, dont le pivot tourne sur une crapaudine placée sur un dé en pierre.

Cet arbre porte au-dessous du plancher de l'entresol une poulie à trois gradins sur laquelle s'enroulent des courroies destinées à faire marcher la scie, les bluteries, les tarares, etc.

Au-dessous se trouvent des brides ou chapes en fer pour recevoir la barre du manége, que l'on peut retirer à volonté lorsque l'on n'en fait pas usage.

Du côté de l'ouest se trouve l'emplacement destiné à recevoir l'huilerie, composée de deux meules verticales, trois mortiers avec leurs pilons, et une presse à coins.

Les meules verticales seront mises en mouvement par une roue dentée, communiquant à une roue semblable, mais d'un diamètre trois ou quatre fois moindre, ayant pour axe le grand arbre vertical, de telle sorte que les meules ne fassent que 6 à 10 tours par minute.

Les pilons et la presse à coins seront mis en mouvement par un engrenage conique ayant aussi pour axe l'arbre vertical faisant marcher des cames pour soulever les pilons.

On voit aussi au rez-de-chaussée le pied de quatre poteaux qui composent la charpente intérieure ou le beffroi du moulin.

Le manége circule dans l'espace que ces poteaux laissent entre eux, lequel est d'environ 4 mètres 50 centim. de diamètre.

Enfin le plancher qui recouvre le rez-de-chaussée présente au-dessus des portes deux larges trappes par lesquelles on peut immédiatement charger les sacs de farine dans les voitures placées en dedans du moulin, au-dessous de ces trappes.

L'*entre-sol* contient le support ou le beffroi particulier de chacune des paires de meules, avec leurs crapaudines et le mécanisme propre à élever

et à régler la meule tournante; au même étage sont placées les bluteries, les huches à farine, etc.

Chaque paire de meules a sa bluterie, qui se compose de deux cylindres à section hexagonale de 2 mètres de longueur et 70 centimètres de diamètre. Ils sont garnis de soies ayant les numéros 90, 100 et 110, et 60, 50, 40.

Le moulin étant spécialement occupé à moudre des blés de qualités inférieures pour la campagne, ou des méteils, ce degré de finesse des soies est bien suffisant.

Les bluteries sont mises en mouvement par des courroies adaptées à la poulie à gradins de l'arbre vertical et circulant au-dessous du plancher.

C'est à cet étage que se trouvent les principaux engrenages des meules. Ils se composent de la grande roue dentée ou du hérisson proprement dit, ayant 3 mètres 40 centimètres, formée d'une couronne en fonte supportée par huit bras en bois ayant pour centre ou axe le grand arbre vertical.

Cette roue a 192 dents qui engrènent avec celles des pignons des trois paires de meules. Elle mène un quatrième pignon d'un très-petit diamètre qui n'a que le dixième de celui de la roue, ou en d'autres termes qui fait dix tours pour un seul de celle-ci.

L'axe de ce pignon porte une poulie à trois gradins ayant de diamètre $0^{m}50$ à $1^{m}75$. Au moyen de cette poulie on peut avoir à sa disposition les grandes vitesses entre 200 à 800 tours, soit pour faire des expériences, soit pour faire marcher des appareils tels qu'un tarare, dont la vitesse peut être de 400 à 600 tours, une machine à battre le blé de 500 tours, et la scie circulaire de 6 à 800 tours.

Cette même poulie, lorsque l'on fait agir directement la force à sa circonférence, lorsqu'on la tourne à la main ou autrement au moyen d'un engrenage conique avec rochet, agit comme un cric ou un treuil à engrenage; un seul homme peut de cette manière faire tourner facilement l'arbre vertical V, l'arbre horizontal ainsi que les ailes, ce qui est fort commode et fort utile lors des réparations.

Le *premier étage* contient les trois paires de meules avec leurs accessoires, trémies, augets ou engreneurs, treuils à lever les meules, etc.

La meule n° 1 a deux mètres de diamètre, son pignon a $1^{m}17$ et porte 66 dents. Cette meule fait 64 tours lorsque la volée a la vitesse moyenne de 11 tours par minute. Cette meule ne marche pas ordinairement assez vite. Elle fait peu d'ouvrage lorsque le vent n'est pas fort.

La meule n° 2 a $1^{m}66$ de diamètre, son pignon a $0^{m}73$ et porte 41 dents. Elle produit son maximum d'effet quand elle marche avec une vitesse de 100 à 110 tours; à 11 tours de volée, elle fait 103 tours.

Enfin, la petite meule n° 3 n'a que $0^{m}80$ de diamètre, son pignon a $0^{m}443$ de diamètre et porte 25 dents. A 11 tours de volée cette meule ferait 169 tours par minute, ce qui est beaucoup trop.

La vitesse la plus convenable pour cette meule est de 130 à 135 tours

par minute; à 140 tours le blé, emporté par la force centrifuge, s'attache autour de l'œillard, tourne avec la meule qui, dans ce cas, marche à sec, ou bien il tombe tout à la fois et engorge l'œillard et les meules lorsque la vitesse vient à se ralentir.

Les trois paires de meules peuvent marcher ensemble et d'accord, lorsque le vent est bon; mais la petite meule est particulièrement destinée à suppléer aux deux autres, lorsque le vent est très-faible, c'est-à-dire lorsque la volée ne fait que 6 tours et demi par minute. Dans ce cas, la petite meule peut être mise en mouvement soit par son propre pignon, soit par une courroie adaptée à la poulie à gradins. A 7 tours de volée la petite meule fait 136 tours par minute.

Lorsque le vent fait absolument défaut, lorsque des réparations à la volée nécessitent un chômage prolongé, on fait marcher cette meule au moyen du manége qu'un seul cheval peut conduire pendant deux ou trois heures.

Quand on veut faire usage du manége, on enlève 4 ou 5 dents disposées à cet effet, de l'engrenage conique de l'arbre horizontal de la volée, on désembraye les 3 pignons des meules et l'on serre le frein. L'arbre *vertical* seul est mis en mouvement par le cheval avec une vitesse d'environ 5 tours à la minute. Au moyen d'une courroie enroulée sur la poulie à 3 gradins, qui fait environ 50 tours à la minute et qui correspond à une autre poulie adaptée au fer de la petite meule, celle-ci marche avec une vitesse convenable de 130 à 135 tours par minute; réduisant en farine environ 5 décalitres ou 40 kilogrammes de blé par heure. Quoique ce produit soit assurément bien peu de chose, il n'en est pas moins fort précieux et fort utile dans des cas d'urgence.

Le *second étage* peut former une chambre d'habitation pour le meunier et sa famille, ou un magasin. Cette pièce est séparée de l'escalier par une cloison en briques.

Cet étage ne présente rien qui mérite d'être remarqué, si ce n'est le mécanisme du monte-sac. Celui-ci se compose d'une roue d'angle horizontale adaptée au grand arbre vertical et tournant toujours avec lui. Lorsque l'on veut faire usage du monte-sac, on enlève et l'on engrène au moyen d'un levier à bascule le pignon adapté au treuil sur lequel s'enroule la corde du monte-sac. Des poulies de renvoi placées à l'étage supérieur donnent à la corde la direction convenable afin qu'elle puisse descendre verticalement à travers les ouvertures des trappes, qui sont pratiquées à cet effet dans le plancher de chacun des étages du bâtiment, près de l'un des poteaux du beffroi ou de la charpente intérieure.

C'est au *troisième étage* que sont placées les chaises sur lesquelles repose et tourne le toit mobile. Dans l'intervalle que laissent entre eux les liens qui réunissent la chaise supérieure et la plate-forme du toit, s'élève le grand arbre vertical et le pignon conique qui engrène avec le grand rouet de l'arbre de la volée.

C'est ici que se trouve la corde qui fait mouvoir la bascule du frein, ainsi que les bras du mécanisme au moyen duquel on fait mouvoir et fermer les ailes. Au pourtour de cet étage, sous la plate-forme de la tour, se trouvent des ouvertures circulaires qui donnent du jour et permettent de faire passer les échafaudages pour les réparations. C'est encore à cet étage que se trouvent le chemin de fer circulaire, les galets adaptés à la plate-forme du toit mobile, ainsi que l'escalier tournant qui conduit aux balcons.

Comble. On arrive dans l'intérieur du comble conique ou toit mobile, au moyen d'un escalier suspendu à la plate-forme du toit et tournant avec lui. La charpente du comble ne diffère pas de celle des combles coniques ordinaires.

Le dessus de la plate-forme mobile est recouvert d'un plancher qui permet de circuler facilement dans l'intérieur du comble.

Un garde-fou ou galerie en bois est placé autour du rouet, ainsi que de l'arbre horizontal, afin que l'on puisse s'approcher sans danger de ces pièces lorsqu'elles sont en mouvement.

Deux escaliers posés sur le plancher de la plate-forme mobile conduisent aux balcons par des portes ménagées à cet effet dans le comble.

C'est dans cette partie du bâtiment que se trouve le *frein*, grand cercle en bois qui enveloppe le rouet de la volée dans la presque totalité de sa circonférence, et qui sert à arrêter la marche du moulin.

L'une des extrémités du frein est engagée dans un grand levier qu'on nomme *bascule* du frein qui est mis en mouvement à l'aide d'un treuil autour duquel est enroulée la corde qui sert à manœuvrer.

Le toit est terminé par une *girouette anémométrique* qui indique à la fois la direction et la force du vent.

La girouette anémométrique se compose d'une girouette ordinaire dont la douille est surmontée par un châssis quadrangulaire en fer de 2 décimètres de côté, dans lequel est suspendu un volet mobile, tournant sur des gonds ou tourillons, et qui s'ouvre ou se soulève plus ou moins selon que le vent est plus ou moins fort.

L'anémomètre est placé transversalement, c'est-à-dire dans une direction perpendiculaire à celle de la girouette qui, ayant une surface double ou triple de celle du volet, l'emporte et le fait tourner avec elle, de manière à ce que le volet se présente toujours de face à l'action du vent.

A la partie inférieure du volet, sont adaptées deux aiguilles, entre lesquelles passe la plaque de la girouette, sur les côtés de laquelle sont peintes les divisions exprimant soit les angles d'ouverture du volet, soit la force du vent en kilog. par mètre carré, soit la vitesse par seconde, correspondant à l'angle ou au degré d'ouverture du volet.

Cet instrument fort simple, peut jusqu'à un certain point devenir comparable. En effet, admettons : 1° que le volet ait un mètre carré de surface; 2° qu'il ait un poids connu, constant; 3° qu'étant ouvert sous un angle de 45 degrés et maintenu dans cette position, il fasse équilibre à un poids

de 2 kil. 214 gr. suspendu à un fil enroulé sur une poulie très-mobile et venant par l'autre de ses extrémités se fixer bien horizontalement au centre du volet.

Supposons que le volet placé dans cette situation fasse équilibre exactement à un poids de 2 kil. 214 gr. On en conclura que la pression du vent, capable de soulever et de maintenir ouvert, sous l'inclinaison de 45 degrés, ce même volet, sera sensiblement égale à 4 kil. 428 gr. par mètre carré, c'est-à-dire au double du poids suspendu au fil; car la surface exposée au vent diminue au fur et à mesure que le volet s'élève et s'incline; et dans le cas dont il s'agit, la hauteur du volet se trouve réduite à 50 centimètres sur un mètre de largeur, c'est-à-dire à la moitié.

Connaissant la pression du vent par mètre carré de surface, on en déduira facilement la vitesse au moyen des tables ci-dessus indiquées. Elle serait, dans l'exemple choisi, d'environ 6 mètres par seconde.

DEVIS DE CONSTRUCTION DU MOULIN. — PRIX DE REVIENT. PRODUIT.

Avant que d'entreprendre la construction d'un tel moulin, et après avoir préparé les dessins, les plans et devis de toutes les parties dont il se compose, M. Herpin en a fait exécuter le modèle complet, à l'échelle de 1/12ᵉ.

Ce modèle lui a été d'un grand secours; car il a pu faire à peu de frais les modifications et les corrections convenables à un projet primitif. D'un autre côté il lui a épargné bien des embarras et même des pertes sérieuses, ayant affaire à des charpentiers de campagne peu habitués à lire les dessins et qui trouvaient, dans le modèle, les formes, les dimensions et la place des pièces qu'ils devaient exécuter en grand.

Le moulin a été construit en 1842, et depuis cette époque il a fonctionné régulièrement sans autre interruption que celles motivées par le changement de volée, l'addition d'une paire de meules.

La dépense pour la construction s'est élevée, au total, à la somme de 19,600 fr., dont voici le détail :

1° MAÇONNERIE, 1,200 francs.

Savoir : Murs d'enceinte, dés en pierre.	700 fr. —
Remplissage en briques de champ et enduits dans l'intérieur de la tour	500

2° CHARPENTE ET MENUISERIE, 7,100 francs, qui se décomposent ainsi :

1° Valeur du bois; 60 mètres cubes, à 50 fr.	3,000
2° Sciage, équarrissage, à raison de 8 fr. les 100 mètres courants	800
3° Main-d'œuvre de charpentier, 680 journées, à 2 fr 50 c.	1,710

Les 8 pans ont consommé 19 mètres cubes de bois;
Le beffroi, le solivage, le comble du rez-de-chaussée, 17 mètres cubes;
Le toit mobile, 12 mètres cubes.
Ensemble : 48 mètres cubes (1).

La taille et le levage de la tour ont été faits en. . . .	192 journées.
Les plates-formes, les chaises et le toit mobile. . . .	155
La construction des fermes du rez-de-chaussée, le solivage.	43
La façon et la pose de l'arbre horizontal, de la volée hollandaise, de l'arbre vertical, des beffrois, des meules, etc., etc.	289
TOTAL.	679 journées.

4° *Menuiserie.* — Planchers, portes, fenêtres, escaliers, bluteries, archures, trémies et main-d'œuvre seulement. . . . . . 1,000 fr.

5° Volée en planches.	600
3° COUVERTURE EN ARDOISES, AIS ET BARDEAUX. . .	800
4° MEULAGES, 2,400 francs.	
Savoir : Meules.	1,200
Mécanisme, engrenages en bois, rouet de la volée, dentures, poulies, mouvements, façon et pose.	1,200
5° FERRONNERIE, 6,300 francs.	
Serrurerie, fer forgé.	3,800
Fonte brute et travaillée, environ 4,000 kilos.	2,500
6° PLOMBERIE.	500
7° DIVERS. — Vitrerie, goudronnage, gazes, courroies, cordages, etc.	690
8° SCIERIE, façon et ferrure.	600
TOTAL GÉNÉRAL.	19,600 fr.

Produit. — M. Herpin estime que ce moulin doit moudre et bluter au moins 2,500 hectolitres de blé par année. Mais exploité pour son compte, par des gens plus ou moins bien intentionnés, le produit n'a guère dépassé 2,000 hectolitres.

Cependant on sait qu'une meule ordinaire de 1 mètre 30 c. peut moudre 80 à 100 kilogrammes, soit 1 hect. à 1 hect. 1/2 par heure de travail, ou 30 hectolitres par 24 heures, suivant le genre de mouture (2).

(1) D'après Mathurin Jousse, Mesange, etc., il entre dans la construction d'un moulin à vent ordinaire, à pivot et à cage, 444 pièces ou solives de bois, environ 48 mètres cubes, et 1000 kilos de fer. Il faut pour le construire 240 journées de travail.

(2) Voir le Ier et le VIe volumes de la *Publication industrielle*.

Dans une expérience faite par M. Herpin, au sujet du rendement, de la nature et de la qualité des produits du moulin, il a obtenu les résultats suivants :

100 kilogrammes de blé froment de 2e qualité, pesant 72 kilos 500 grammes à l'hectolititre, ont donné :

Farine plus ou moins blanche.	72 k.	600 g.
Farine bise.	6	800
Recoupes	4	200
Sons.	15	700
Déchet	0	700
TOTAL.	100 k.	000

Par conséquent il ne faudrait que 100 journées de bon travail à 25 hectolitres l'une, pour obtenir les 2,500 hectolitres indiqués.

Le mouturage, y compris les frais de conduite du grain à domicile, corvées et autres menus services à la charge du meunier, se paie au dixième, soit par année 250 hectolitres. Mais comme les grains sont de qualité généralement inférieure, mélangés de méteils, d'orge, etc., on ne peut les évaluer en moyenne à plus de 11 fr. l'hectolitre.

Soit 250 hectolitres à 11 fr., 2,750 fr.

Pour le produit brut annuel du moulin, dont :

1/4 environ pour le loyer.	700 fr.
3/16 pour l'entretien et les réparations.	525
9/16, un peu plus de la moitié, pour le meunier.	1,525
TOTAL.	2,750

Sur quoi celui-ci est obligé de nourrir et entretenir sa famille, un ou deux domestiques, un ou deux chevaux, voitures — de payer l'impôt, etc.

Il suit de là : 1° que l'intérêt des capitaux engagés dans cette construction ne s'élève qu'à 3 1/2 pour cent, desquels il faut encore déduire l'amortissement, l'usure, etc., etc., etc.

2° Que le meunier gagne à peine de quoi vivre et payer ses dépenses.

« Des résultats aussi minces, aussi faibles, dit à ce sujet M. Herpin, me rappellent les judicieuses observations de mes honorables amis Hachette et Francœur, dont j'ai regretté plus d'une fois de n'avoir pas écouté les sages avis. Je les rapporte ici pour l'instruction des autres; ma propre expérience et mon témoignage viennent encore les corroborer, si cela est possible.

« Considérés sous les rapports économiques, les moulins mus par un courant d'eau ont de grands avantages sur ceux mus par le vent. Les effets de ces derniers moulins sont variables comme la force atmosphérique qui les met en mouvement. Un bon tournant à eau rapporte, dans les environs de Paris, 3 à 4000 francs au propriétaire,

et le meunier s'enrichit; tandis que le fermage d'un moulin à vent de Montmartre n'est que de 500 francs, et suffit à peine à l'existence du meunier. La principale cause de cette différence dans les produits annuels est le chômage (1) qui a nécessairement lieu lorsque le vent est trop faible ou trop fort. Les meilleurs moulins à vent sont, pour la mouture du blé, fort inférieurs aux moulins mus par une force constante, telle que l'eau avec chute ou la vapeur, non-seulement pour la quantité de farine qu'ils peuvent produire annuellement, mais encore pour la qualité. » (*Hachette*. — Bulletin de la Société d'Encouragement, année 1842, page 293.) (1)

M. Francœur, dans son Dictionnaire technologique (art. *Moulin à vent*), dit :

« Le vent est un moteur qui ne coûte rien; les courants d'eau n'existent au contraire qu'en certaines localités et coûtent très-cher; on n'en peut disposer qu'en ménageant d'autres droits, ou s'exposant à des procès; il faut éloigner les barrages, et ces obstacles à l'établissement des roues hydrauliques font préférer bien souvent les moulins à vent. Mais ces machines agissent d'une manière si irrégulière, elles sont si souvent réduites à chômer, les réparations qu'elles exigent sont si coûteuses, qu'on ne s'en sert guère qu'à défaut d'autres moyens. Toutes les opérations qui exigent une force constante doivent les repousser; elles ne conviennent qu'à celles qui ne demandent le concours que d'un petit nombre de bras, et dont on peut, sans inconvénient notable, augmenter, diminuer ou interrompre le travail. »

« On estime qu'un moulin à vent chôme pendant un tiers du temps et qu'il travaille peu pendant un autre tiers; en sorte que les résultats qu'on obtient ne peuvent guère s'évaluer qu'à celui que donnerait la force moyenne d'un vent de 7 à 8 mètres de vitesse par seconde, agissant seulement pendant le tiers de l'année. Le capital, les hommes dorment pendant la durée de ces repos forcés (2), les pertes se renouvellent et grèvent la fortune des propriétaires; aussi, ces derniers prospèrent-ils médiocrement. »

Les meuniers à vent que M. Herpin a visités en Angleterre ne lui ont pas paru beaucoup plus à l'aise que leurs confrères de France.

Les moulins à vent ne deviendront réellement avantageux, dit M. Herpin, que quand ils pourront s'orienter d'eux-mêmes, au moyen de mécanismes simples, peu dispendieux et sûrs, et régler spontanément leur voilure ainsi que la marche et la hauteur des meules. Il existe déjà, en Angleterre et en Hollande, plusieurs moulins à vent qui sont pourvus des mécanismes dont nous avons parlé plus haut, mais ils sont trop coûteux et ne fonctionnent pas toujours avec la régularité désirable; ils attendent encore des perfectionnements et des améliorations indispensables.

EXPLICATION DES FIGURES DE LA PLANCHE 13.

La fig. 1 représente le moulin en élévation du côté des ailes. Une portion, celle de droite, est figurée avec la charpente à nu; l'autre, celle de gauche, est au contraire indiquée entièrement couverte.

La fig. 2 est une coupe verticale faite pa-

(1) Le chômage a des résultats moraux bien plus funestes encore, — souvent les hommes deviennent oisifs, joueurs, débauchés et infidèles.

(2) Observons cependant qu'aujourd'hui les établissements ne sont plus dans des conditions aussi favorables qu'il y a une vingtaine d'années, à cause de la concurrence et du trop grand nombre de moulins qui ont été montés à l'anglaise, surtout dans les environs de la capitale. — Ab.

rallèlement à l'axe moteur qui porte les ailes, suivant la ligne 1-2.

La fig. 3 est un plan ou section horizontale passant vers la hauteur des meules, suivant la ligne 3-4.

Les fig. 4, 5, 6 et 7 sont les détails du mécanisme de la volée.

A. Arbre moteur incliné à l'horizon de 15 degrés : il porte les ailes ou la volée à planches mobiles, et le grand rouet conique R, qui met en mouvement l'arbre vertical V.

B. Poteaux du beffroi ou de la charpente intérieure, posés sur des dés en pierre.

Q. Queue ou levier pour tourner le toit du moulin avec ses deux aisselins ou liens latéraux.

P. Poteaux des pans de la tour posés sur leurs dés.

V. Grand arbre vertical reposant sur une crapaudine en fonte et un dé en pierre. Cet arbre porte à la partie supérieure le pignon d'angle *p*, par lequel il reçoit son mouvement de la roue R, et à sa partie inférieure, la barre du manége *m*, au-dessus de laquelle se trouve la poulie à gradins ou le cône *g*, destinée à faire mouvoir par ses courroies la scierie, les bluteries, le tarare, etc.

H. Grande roue dentée, ou hérisson qui commande les pignons des meules; on le voit en plan (fig. 3), ainsi que le collier et les coussinets qui maintiennent l'arbre vertical V, et qui existent dans l'épaisseur du plancher de chaque étage (fig. 2).

b. Support additionnel des meules, ou petit beffroi formé de deux poteaux verticaux qui se relient à ceux du grand beffroi B par des poutrelles et solives.

f. Fers et pignons des meules avec leurs crapaudines et vis pour les soulever.

e. Deux bluteries placées dans leurs coffres l'une au-dessus de l'autre.

c. Coffrets ou manchons en bois qui entourent l'arbre vertical.

M M' et M². Trois paires de meules; les premières ont 2 mètres de diamètre, les secondes 1 mètre 70 centimètres, et les dernières 80 centimètres seulement.

g. Cône ou poulie à gradins, placée sous le plancher du 1er étage.

d. Treuil différentiel pour lever les meules. Il est appliqué à la charpente intérieure du moulin (fig 2).

t (fig. 3). Trappe du monte-sacs.

E. Escalier qui conduit du rez-de-chaussée à l'entre-sol.

E'. L'escalier qui conduit de l'entre-sol au premier étage.

Il en existe de même à chaque étage seulement, le dernier E (fig. 2) tourne avec la calotte ou le comble du moulin.

C. Chaîne en bois qui porte l'anneau circulaire *a* (fig. 2).

l. Liens qui supportent le toit mobile.

h. Chemin de fer et galets sur lesquels tourne le toit.

r. Bascule et treuil du frein.

X. Balcons.

DES AILES ET DE LEUR MÉCANISME.

A. Arbre tournant horizontal de la volée.

p'. Planches qui composent les ailes de la volée. Sur la fig. 1, elles sont supposées développées et ouvertes, le moulin marche; et sur la fig. 4, elles sont au contraire superposées et fermées.

i. Crémaillères aboutissant à des bras de levier adaptés à l'extrémité supérieure ou centrale des ailes.

Elles engrènent avec une roue droite (fig. 5) menée par un pignon dont l'axe est une tige de fer *k*, qui traverse l'arbre horizontal, lequel est percé à cet effet dans toute sa longueur.

Cette tige aboutit jusqu'auprès du petit collet de l'arbre, où il porte un pignon denté (fig. 6 et 7) qui engrène avec une roue droite *n*, dont l'axe porte un volant à poignée *v*, qui permet de manœuvrer tout le système de l'intérieur du moulin, et par conséquent de ployer et de déployer les ailes à volonté.

La fig. 8 représente une disposition de moulin à tour simple établi sur des colonnes de fonte, et s'orientant seul. Cette disposition a particulièrement pour objet de permettre de prendre le mouvement de la volée, et de le transporter par un arbre de couche aux divers mécanismes et appareils placés dans un bâtiment adjacent et peu élevé.

MACHINE A IMPRIMER LES ÉTOFFES

A PLUSIEURS COULEURS,

D'UNE MANIÈRE CONTINUE, AVEC DES CYLINDRES GRAVÉS EN RELIEF,

Brevetée aux noms de MM. TROUBLE ET LEBASTIER, à Paris,

Et construite sous la direction de M. MONTAUBAN, Ingénieur-Mécanicien.

(PLANCHE 14.)



L'impression des tissus est sans contredit l'une des industries les plus intéressantes qui ait fait travailler le génie de l'homme. On distingue généralement dans cette fabrication deux genres ou deux modes bien distincts, que l'on désigne par impression en relief et impression en creux ou en taille-douce. Ces deux modes correspondent à ceux qui sont employés dans les arts et qui sont produits, soit par des gravures sur bois, soit par des gravures sur cuivre ou sur acier.

On ne peut assigner l'époque à laquelle ce premier genre d'impression a remplacé la peinture sur toile des Orientaux (1); mais comme les Grecs, déjà avant la prise de Constantinople, imprimaient des images à l'aide de planches gravées en relief, et que, de temps immémorial, les Indiens appliquaient, au moyen de tubes appropriés, des réserves à la cire sur les toiles qu'ils teignaient ensuite à l'indigo, il est naturel de penser que c'est à la connaissance de ces opérations qu'on doit l'usage des blocs dont on se sert aujourd'hui, et qui ont fait disparaître le pinceau, qu'on employait encore au commencement de ce siècle pour enluminer certains genres d'impression. Jusqu'à cette époque, l'impression en relief, sans avoir reçu aucune modification dans son essence, s'était cependant peu à peu améliorée, par suite, tant du perfectionnement de la gravure que d'une connaissance plus intime des couleurs, qui l'avaient rendue à la fois plus cor-

(1) Nous extrayons la notice que nous donnons sur les machines à imprimer, de l'intéressant ouvrage de M. Persoz, qui a pour titre : *Traité théorique et pratique de l'impression des tissus.*

recte et plus facile. De 1801 à 1803, des essais furent faits dans les environs de Paris pour rendre continue, par l'emploi de rouleaux gravés en relief, l'impression à la planche, comme on venait de rendre continue l'impression en taille-douce, par l'emploi de rouleaux métalliques gravés en creux; mais ces tentatives n'obtinrent d'abord presque aucun succès, par la raison qu'un rouleau gravé en relief, sur lequel on dépose de la couleur, ne transmettant cette dernière au tissu qu'en produisant sur elle l'effet d'un laminoir qui l'étend plus ou moins, ne pouvait servir qu'à l'impression de figures grossières et sans contours réguliers.

Le premier changement important qu'on introduisit dans l'impression à la planche en relief, fut de substituer aux petites planches, dont les dimensions exigent des rapports dans le sens de la longueur et de la largeur des pièces, des planches assez longues pour recouvrir l'étoffe dans toute sa largeur, et qui, se mouvant mécaniquement avec la plus grande régularité, assuraient aux rapports la plus grande exactitude. Mais bientôt le développement donné à l'emploi des couleurs d'application fit de jour en jour plus vivement sentir la nécessité de trouver des machines qui permissent d'imprimer plusieurs couleurs à la fois. Le résultat des nombreuses recherches entreprises dans ce but, tant en France et en Angleterre qu'en Allemagne, fut l'invention d'une de ces machines qui font le plus grand honneur au génie de l'homme, la *Perrotine*, découverte en 1834, qui porte le nom de son auteur, M. Perrot, et qui a donné au fabricant le pouvoir d'imprimer les dessins les plus difficiles avec toute la précision et l'économie possibles.

Ainsi, d'après cet aperçu, les procédés d'impression en relief se réduisent : 1° à l'impression exécutée à la main avec planches plates; 2° à l'impression exécutée mécaniquement d'une manière intermittente, telles que les Perrotines et les machines qui s'en rapprochent; 3° à l'impression mécanique fonctionnant d'une manière continue avec cylindres ou rouleaux dits Plombines, métiers à surfaces, etc.

MACHINES A IMPRIMER EN RELIEF D'UNE MANIÈRE INTERMITTENTE.

On imprime à la main en prenant, à l'aide d'une planche gravée en relief, la couleur préalablement étendue sur un châssis, pour en recouvrir l'étoffe, qu'on suspend ensuite en l'air, dans le but de laisser à la couleur le temps de se dessécher, et d'éviter ainsi des rapplicages qui occasionneraient des taches ou maculations sur les parties blanches. Trois choses sont donc à examiner dans cette impression :

1° *La table* où elle s'exécute, et tous les accessoires qui doivent en assurer la bonne exécution;

2° *Le réservoir* ou *baquet*, dans lequel la couleur doit être étendue convenablement pour être transmise à la planche;

3° Enfin *l'appareil de suspension* qui doit assurer la prompte dessiccation des toiles recouvertes de couleur.

Nous serions entraînés trop loin si nous voulions examiner une à une toutes les

tentatives faites en vue de réaliser mécaniquement les impressions à la main. Cette étude, d'ailleurs, n'aurait d'autre résultat que de confirmer une vérité trop bien connue, mais dont on ne tient pas toujours assez compte, savoir : que dans ses recherches, l'homme s'éloigne d'autant plus du vrai et de l'application, qu'il s'écarte davantage de la simplicité. Qu'au lieu, en effet, de bien se pénétrer de toutes les opérations de l'impression à la planche, afin de la rendre indépendante de la main de l'homme, on s'avise, comme on l'a fait, d'étudier le jeu d'une machine à draguer, pour substituer ensuite aux augets mobiles de cette machine des planches qui reçoivent de la couleur et la transmettent à l'étoffe, en s'écartant momentanément de la circonférence de la roue en mouvement, certes, la patience de l'inventeur d'une telle machine pourra exciter l'admiration, mais le résultat de ses efforts prouvera qu'il s'est fourvoyé : ses produits seront à peine comparables à ceux de l'art à son enfance.

Toutes ces recherches cependant ne sont pas restées infructueuses : les deux machines que nous leur devons rendent journellement d'importants services à l'impression. La première fonctionne aux environs de Paris, chez M. Despouilly, qui a eu l'obligeance de nous en donner le plan. On en rencontre plusieurs en Angleterre qui sont construites à peu près sur le même principe, et connues sous le nom de machines de Watt.

Dans cette machine, nous trouvons d'abord, comme dans l'impression à la main, trois parties distinctes : une table fixe, sur laquelle se donne le coup de planche ; un baquet à fausse couleur, avec son châssis et son réservoir à couleur ; un appareil simple pour la tension et la suspension du tissu imprimé ; puis les dispositions mécaniques nécessaires pour faire mouvoir la planche dans une direction déterminée de telle sorte, que chacun de ses coups se donne sur des parties invariables de la table, et pour faire avancer la pièce, après chaque coup de planche, d'une longueur égale à la largeur de la gravure ; puis pour faire passer sous la planche, après chaque coup, le châssis sur lequel cette planche doit se recharger de couleur ; et enfin pour imprimer un mouvement à tout le système.

Comme les planches de cette machine sont de grande dimension, et par conséquent les frais de gravure très-chers, quand on veut imprimer des dessins d'une gravure délicate et compliquée, on ne l'emploie généralement qu'à l'impression de dessins peu coûteux, pois, carreaux, bandes, etc.

Enfin, en déposant les couleurs sur le châssis à l'aide de fils tendus, on imprime des fondus avec cette machine aussi bien qu'à la main.

Comme c'est le tireur qui étend la couleur sur le châssis, il est toujours facile à l'ouvrier de diminuer ou d'augmenter à volonté la quantité qui doit en être fournie à celui-ci. En outre, au moyen des contre-poids établis dans ce but, il peut régler la pression de la planche sur le tissu selon la nature de ce dernier ; enfin, rien ne l'empêche, en ne faisant point jouer la roue à rochet, de répéter plusieurs coups de planche sur le même point de l'étoffe, quand cette étoffe, ou la couleur qu'il doit y imprimer, le demande.

Quelle que soit la faible dépense qu'entraîne sa construction, les bons résultats qu'elle donne, tant sous le rapport de la netteté de l'exécution que sous celui de l'économie, et les avantages incontestables qu'elle présente, pour certains genres du moins, sur l'impression à la main, cette machine est loin de pouvoir être comparée à une autre, la plus intéressante peut-être que le génie de la mécanique ait inventée : nous voulons parler de la *Perrotine*.

Cette machine, introduite dans les ateliers d'impression dès 1834, était loin de présenter alors les avantages qu'elle offre aujourd'hui. Si, en effet, dès le principe

son auteur avait résolu le problème de faire mouvoir alternativement et régulièrement, sur des surfaces planes et placées horizontalement ou verticalement (tables), le drap et le doublier nécessaires à l'impression, la toile à imprimer et la planche gravée, s'il était parvenu à fournir mécaniquement de la couleur à la planche, il lui restait encore deux grandes difficultés à surmonter, celles de se passer de l'ouvrier tireur et d'étendre mécaniquement la couleur. Dans ces dernières années seulement, par des perfectionnements successifs, M. Perrot est arrivé à substituer avec succès un mouvement mécanique à l'intervention jusqu'alors indispensable des tireurs à la main, dont le travail, dans la position gênée où ils se trouvaient, était toujours plus ou moins irrégulier, et enfin à faire marcher la *Perrotine* tout à la fois avec un moindre frottement et une plus grande précision.

Nous retrouvons, du reste, des *tables* où se fait l'impression; des *planches gravées*, qui se meuvent dans une position déterminée et invariable; des *châssis mobiles*, et qui transmettent aux planches la couleur qu'ils reçoivent indirectement au moyen de rouleaux, des baquets ou réservoirs à couleur; *des baquets à couleurs fixes* et indépendants des châssis; un *drap sans fin*, avec le doublier destiné à le préserver des empreintes que les bords des planches pourraient y produire; le tout se mouvant par suite d'une combinaison mécanique qu'on ne peut se lasser d'admirer.

En 1844, M. Perrot a exposé une machine à imprimer quatre couleurs à la fois. Le principe en est le même, le maniement aussi simple; l'établissement seul présente quelques difficultés.

Dans la Perrotine telle qu'elle est aujourd'hui, le fabricant trouve, avec une exécution beaucoup plus correcte des dessins difficiles, une grande économie de main-d'œuvre. Les échantillons fonds blancs enluminés donnent une idée de la délicatesse des dessins que l'on imprime avec cette machine. Pour ce qui regarde l'économie de la main-d'œuvre, deux hommes impriment en trois couleurs, avec la Perrotine, de 1000 à 1500 mètres de calicot par jour, et font ainsi la besogne de plus de 25 imprimeurs et d'autant de tireurs.

En outre, la Perrotine a sur le rouleau un immense avantage au point de vue de l'exécution, en ce qu'elle permet d'imprimer sans peine toute espèce de dessin en plusieurs couleurs, sans que la première couleur soit endommagée par l'application de la seconde, celle-ci par l'application de la troisième, tandis que, dans l'impression au rouleau, il n'est pas possible d'imprimer tous les dessins avec un égal succès en plusieurs nuances, parce que la couleur imprimée en premier lieu, laminée en passant à travers les deux autres cylindres, se ternit, et contribue à charger les parties qui doivent rester blanches.

Enfin, en prenant des dispositions convenables, on est parvenu à imprimer, avec cette machine, les mêmes fondus qu'à la planche à la main. C'est la maison Blech-Steinbach qui a réalisé une des premières ce genre d'impression dans le sens de la longueur des toiles. A cet effet, on supprime les rouleaux fournisseurs, et même, pour plus de commodité, les baquets à couleur, et les tireurs, au moyen de fils tendus ou de brosses divisées, prennent les couleurs dans une caisse à compartiments pour les fournir aux châssis, où elles sont étendues par les brosses. On imprime de cette manière de vingt à vingt-cinq nuances à la fois.

De son côté, M. Perrot a trouvé une disposition qui permet d'appliquer la machine dont il est l'inventeur à l'impression des fondus. On remplace les baquets par des caisses de même dimension dans lesquelles on établit, au moyen de lames de verre,

autant de compartiments que l'on veut imprimer de nuances ou de couleurs, et les rouleaux par des rouleaux échancrés sur toute leur longueur aux points correspondants aux cloisons. Ces rouleaux prennent les couleurs dans la caisse à compartiments, pour la transmettre aux fournisseurs, auxquels on a eu soin de donner un léger mouvement de va-et-vient, afin de confondre les couleurs séparées et de faire disparaître ainsi les solutions de continuité; ces fournisseurs les portent aussitôt sur le châssis, où elles sont immédiatement enlevées par les planches, les brosses étant supprimées.

Au lieu de cylindres échancrés d'une seule pièce, M. J. Schlumberger jeune emploie avec succès des disques mobiles et forés, fixés par un écrou à un arbre en fer qui leur sert d'axe. L'ordre et les dimensions de ces disques sont déterminés par le nombre et la quantité des couleurs que l'on désire appliquer sur un point donné de la surface de l'étoffe. Cette modification a cela d'avantageux que, moyennant un assortiment de disques, on peut composer un cylindre échancré de la forme que l'on désire, et le défaire pour en construire un autre.

Bientôt après la maison Blech-Steinbach, MM. Dolfus-Mieg ont imprimé des fondus dans le sens de la largeur de l'étoffe. Pour obtenir ce résultat, ils ont eu à surmonter une difficulté beaucoup plus grande, puisque les brosses ne peuvent plus être employées. Il leur a donc fallu, ou déposer les couleurs fondues sur les châssis par les moyens ordinaires, et les étendre à la main avec une brosse, mais dans un sens contraire à celui dans lequel agissent les brosses, ou déposer et étendre ces couleurs d'un seul coup, soit par un rouleau échancré, soit à l'aide de petits réservoirs à compartiments et à becs, avec lesquels on peut toujours étendre à volonté et dans tous les sens les couleurs sur le châssis.

MACHINES A IMPRIMER EN RELIEF D'UNE MANIÈRE CONTINUE.

Ces machines, appelées *plombines*, paraissent avoir été inventées en France. Un nommé Ébinger, de Saint-Denis, près Paris, se fit délivrer un brevet d'invention, sous la date du 16 juillet 1800, pour imprimer d'une manière continue avec des cylindres gravés en relief. Il se proposait sans doute d'imiter les fabricants anglais qui, depuis plusieurs années déjà, imprimaient mécaniquement d'une manière continue, mais dont les procédés étaient inconnus chez nous. En 1805, James Burton, ingénieur dans la maison Peel, à Church, appliqua également le rouleau en relief à l'impression des tissus, mais dans le but de le faire concourir à l'impression de plusieurs couleurs avec les rouleaux gravés en creux qu'on n'avait pas encore l'habitude d'employer avec succès pour les impressions à plusieurs couleurs.

Cette machine, qui aurait pu, dans certains cas du moins, remplacer l'impression à la main, fut bientôt généralement abandonnée dans tous les établissements de France où l'on en avait fait l'essai. Plus d'une cause amena ce résultat : ces rouleaux en bois, cylindriques, quelque droits qu'ils fussent dans le principe, se déformaient toujours tôt ou tard, plus ou moins, par l'action qu'exerçait sur eux la couleur humide dont ils étaient recouverts; ensuite, les frais de gravure qu'ils exigeaient augmentant avec la délicatesse des dessins que l'on voulait obtenir, on ne s'en servait que pour des impressions grossières; enfin, comme on ne s'était pas rendu un compte exact des conditions dans lesquelles le rouleau devait se charger de couleur, les impressions étaient souvent défectueuses.

Ces inconvénients ont été, en partie, surmontés en Angleterre, où cette machine

fonctionne depuis plusieurs années, tant pour imprimer à elle seule des dessins que pour enluminer des dessins imprimés au rouleau gravé en creux. On y a remplacé la gravure sur bois par des cachets (clichés) en alliage fusible qu'on cloue sur les cylindres en bois, comme on le fait généralement pour les planches de la Perrotine. Ce changement, outre qu'il apportait une grande diminution dans les frais de gravure, permettait d'obtenir des dessins plus délicats et plus nets, et enfin, le cylindre en bois recouvert de vernis, n'étant plus en contact avec la couleur, était moins sujet à se déformer.

M. Silbermann, de Strasbourg, un des typographes les plus habiles de notre époque, a trouvé un nouveau genre d'impression pour lequel il a pris un brevet d'invention.

Dans ce procédé on ne se sert plus d'une planche gravée en relief pour prendre de la couleur sur le châssis et l'imprimer sur le tissu, mais seulement du relief de la figure que l'on veut obtenir, pour presser l'étoffe, par derrière, contre une planche plate et garnie uniformément de couleur, où les portions ainsi pressées par derrière sont les seules qui prennent cette couleur, tandis que les autres sont réservées par la *frisquette*, qui refoule l'étoffe dans les creux.

Qu'il s'agisse, par exemple, d'imprimer un dessin représentant des pois, on découpe, au moyen d'un emporte-pièce, des ronds en carton fin, de la dimension qui convient; ces ronds sont fixés à la colle-forte contre une planche en bois; alors on place l'étoffe entre cette dernière planche, sur laquelle elle est tendue, et une autre planche chargée de couleur; on soumet le tout à une pression convenable, et la couleur ne prend que sur les parties de l'étoffe qui ont été mises en relief par les hausses de carton.

Avec la presse typographique, le problème de l'impression en relief par derrière est complétement résolu. Rien ne l'atteste mieux que ces chefs-d'œuvre qui sortent des presses de M. Silbermann. Mais pour en introduire l'application dans les machines à imprimer les étoffes, il importerait de prendre quelques dispositions particulières, assez faciles d'ailleurs à réaliser.

Ainsi, pour imprimer au rouleau les pois dont il vient d'être fait mention, il suffirait de découper le nombre de ronds voulus et de les coller sur un cylindre en bois ou en cuivre, puis de placer ce cylindre au-dessus d'un autre uniformément chargé de couleur, et de faire passer la toile à imprimer entre les deux. Le rouleau faisant fonction de presseur par ses reliefs seulement, refoulerait les parties correspondantes du tissu contre le cylindre servant de châssis, où elles se chargeraient de couleur. Mais comme on n'aurait pas la frisquette de la presse typographique pour préserver les parties qui doivent rester blanches, à l'effet d'empêcher le reste du tissu de se salir au contact du rouleau, il conviendrait de mettre en avant de ce rouleau un cylindre formé d'une substance très-élastique, qui aurait pour effet de refouler l'étoffe dans les creux formés par les reliefs.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A IMPRIMER AVEC CYLINDRES EN RELIEF, REPRÉSENTÉE PLANCHE 14.

La machine que nous allons décrire, et qui est due à MM. Troublé et Lebastier, se distingue par une disposition nouvelle et ingénieuse, et par l'exécution même des rouleaux gravés en relief et animés d'un mouvement de rotation continue. On peut résumer ainsi les perfectionne-

ments que comprend cette machine, qui fonctionne aujourd'hui à Paris et à Lyon, particulièrement pour l'impression des foulards :

1° L'impression mécanique à plusieurs couleurs, sur la partie supérieure d'une table cylindrique mobile, à l'aide de deux ou trois cylindres gravés en relief.

2° La disposition particulière de la table mobile, pour l'approcher ou l'éloigner des rouleaux gravés, et le moyen de maintenir leurs engrenages de commande constamment engrenés, malgré l'écartement ou le rapprochement de cette table.

3° La construction particulière des cylindres ou rouleaux gravés en relief, et le mécanisme propre à les régler, dans leur position respective par rapport à la table, avec la plus parfaite exactitude.

4° Les moyens mécaniques propres à rectifier ou repérer la gravure sur ces cylindres, avec l'application de fraises, de forets et de supports à chariot, soit pour y effectuer certaines gravures, soit pour les rayer ou les diviser, soit pour les tourner.

5° L'alimentation de ces cylindres avec des draps ou feutres sans fin, au lieu de simples rouleaux encreurs employés dans d'autres machines.

6° La combinaison particulière de diverses parties de l'appareil, pour en régler le jeu, le travail ou la position.

7° L'application des principes de cette machine à deux, à trois, comme à quatre, à cinq et même à un plus grand nombre de couleurs, et en outre à la réunion de deux machines accouplées, marchant ensemble par le même moteur.

La fig. 1re du dessin pl. 14 représente une vue de face extérieure de la machine à imprimer à trois couleurs; elle est supposée toute montée et prête à fonctionner.

La fig. 2e en est un plan général vu en dessus, avec certaines parties enlevées pour rendre le dessin moins confus et plus intelligible.

La fig. 3e est une section verticale parallèle à la vue de face.

Et la fig. 4e, une coupe transversale par l'axe de la table mobile, et de l'un des rouleaux gravés.

En examinant ces différentes figures, on voit aisément que la machine se compose :

1° De la table cylindrique mobile A, qui est susceptible de s'abaisser ou de s'élever à volonté parallèlement à elle-même.

2° De trois cylindres ou rouleaux B, gravés en relief, et placés sur la surface supérieure de la table.

3° Des draps sans fin C (fig. 3 et 6) qui servent à l'alimentation de ces cylindres, et accompagnés de leurs rouleaux O, O′ et des bassines à couleurs R.

Nous devons remarquer que la table d'impression A est un gros tambour de fonte ou de toute autre matière, garni de feutre ou de drap, et monté sur un axe en fer *a* qui tourne dans les coussinets *b*, rapportés

sur le milieu de la partie supérieure de deux châssis parallèles D. Ces châssis sont réunis d'un côté par l'axe *c* qui leur sert de pivot, et de l'autre par l'axe *d*, qui, portant les excentriques ou cames E, permet de les lever ou de les baisser d'une certaine quantité à l'aide des deux roues dentées F et des pignons droits *e* que l'on fait tourner à la main par la manivelle *f*, adaptée à l'extrémité de leur axe. Les cames E ont leur point d'appui sur les saillies *g* venues de fonte avec les côtés intérieurs des bâtis fixes G de la machine.

Ainsi, par cette disposition, on peut à volonté monter ou descendre le tambour A, et par suite le rapprocher ou l'éloigner des cylindres gravés B, en restant constamment horizontal.

Une roue droite H, dentée intérieurement, est adaptée à l'une des bases du tambour, pour recevoir son mouvement de rotation du petit pignon droit I, qui est monté sur l'axe de la poulie motrice J, commandée par un moteur quelconque.

En dehors de la base opposée est une autre roue droite K, à denture extérieure, qui engrène à la fois avec les trois pignons dentés *h*, rapportés à l'extrémité de l'axe des cylindres gravés, et avec les roues intermédiaires *j*, destinées à faire mouvoir les alimenteurs C, en commandant les pignons *i*.

Les pignons *h* sont à douille et à vis de rappel, comme dans les machines à imprimer avec les rouleaux gravés en creux, pour permettre de régler exactement leur position, et par suite celle relative des cylindres. Ils restent toujours engrenés avec la roue K, malgré l'abaissement de la table d'impression, parce que cette roue n'est pas ajustée directement sur l'axe *a*, mais au contraire sur un bout d'axe supplémentaire *a'* qui est réuni au premier par un manchon à double coulisse *k* (fig. 7). A cet effet, l'extrémité de ces deux axes est faite en forme de T, dont les branches sont perpendiculaires l'une à l'autre et ajustées dans les coulisses du manchon. Il en résulte que lorsqu'on fait descendre le tambour, la roue K reste en place avec son bout d'axe *a'*, qui est porté d'un côté par le manchon et de l'autre par la chaise en fonte L, appliquée à l'extérieur du bâtis fixe. Au moyen du manchon à griffe *l* et d'une fourchette d'embrayage, on rend à volonté la roue fixe ou folle sur cet axe, et par conséquent le tambour tourne ou ne tourne pas avec elle. Or, il est quelquefois nécessaire de faire marcher les cylindres gravés sans la table ; dans ce cas, on débraye le manchon *l*, pour rendre la roue K libre, et on engrène avec l'une des roues *j* le pignon droit *m*, dont l'axe porte une roue additionnelle *n* qui est mise en mouvement par le petit pignon *o*, que l'on fait tourner à la main par une manivelle *m'* (fig. 1 et 2). Il est évident que la rotation de ce dernier se transmet successivement du premier alimenteur aux suivants, et en même temps aux cylindres gravés par la roue centrale K qui, débrayée, n'entraîne pas le tambour.

La position des cylindres gravés n'est pas seulement réglée dans le sens

circulaire par leurs pignons à douille, mais encore, dans le sens longitudinal, par les vis de rappel *p* qui buttent contre le bout de leurs axes, et qui, pour cela, sont rapportés au sommet des supports coudés *q*, lesquels se boulonnent contre les faces extérieures du bâtis G. De plus, les coussinets en bronze *r*, sur lesquels tournent les tourillons, sont ajustés dans leurs supports M de manière à pouvoir pivoter sur eux-mêmes, et permettre, par suite, aux cylindres de s'obliquer d'une certaine quantité par rapport à la surface de la table d'impression ; et des vis *s* (fig. 4) placées au-dessus servent à les soulever ou à les baisser. Enfin, d'autres vis buttantes règlent aussi la position exacte des supports M, pour permettre de repousser les cylindres à droite ou à gauche, à l'exception de celui du milieu, quand il se trouve directement au-dessus de l'axe du grand tambour. Des leviers à contre-poids N s'appuient sur leurs tourillons, pour que ces rouleaux exercent sur la table, et par conséquent sur le tissu à imprimer, la pression nécessaire, que l'on rend variable par le changement de place de ces contre-poids, que l'on peut rapprocher ou éloigner de leur point d'appui.

Les draps sans fin C, qui doivent fournir les couleurs aux cylindres gravés, sont chacun montés sur deux petits rouleaux parallèles O O′ (fig. 6), dont l'un seulement, celui inférieur O′, est commandé, comme on l'a vu, par les pignons *i*. D'un côté, ils s'appuient contre la surface des cylindres, et de l'autre ils reçoivent la pression et la couleur des intermédiaires P, qui, marchant à une vitesse moindre, opèrent en même temps une friction pour forcer les couleurs à se répandre régulièrement sur le drap. Ces intermédiaires sont commandés par les pignons *u* et les roues *u′*, et commandent à leur tour les alimenteurs ou fournisseurs Q par les engrenages *v* et *v′* (fig. 2). Ainsi, quand ces derniers rouleaux Q plongent dans les bassines R, qui contiennent les couleurs nécessaires, ils transmettent celles-ci aux intermédiaires, lesquels les transportent sur les draps sans fin, et par suite aux cylindres gravés.

La position relative de ces divers organes se règle aussi très-facilement avec la plus grande exactitude, parce qu'ils sont tous montés sur des supports mobiles que l'on fait avancer à l'aide de vis de rappel. Les bassines reposent sur des plaques horizontales dressées S que l'on règle par les vis buttantes x; ces plaques portent les coussinets de l'axe de chacun des fournisseurs. Les supports U des rouleaux intermédiaires sont rappelés par les vis x', et les rouleaux des draps sans fin sont, de même, portés par des chaises en fonte V, dont on règle la position par les vis x^2. Enfin chaque système entier est assis sur de grands supports de fonte que l'on peut également faire reculer ou avancer d'un côté ou de l'autre, au moyen des vis de rappel *y*. De cette sorte on peut donc toujours régulariser, soit la pression d'un rouleau sur l'autre, ou celle des rouleaux sur les draps, soit enfin la position de ces agents par rapport aux cylindres gravés.

La tension des draps sans fin, dans le sens de leur longueur comme dans

le sens de leur largeur, peut aussi être faite avec facilité, d'une part par la mobilité des rouleaux O', dont les axes sont ajustés dans les parties supérieures à coulisse des chaises de fonte V, et par la disposition des petits châssis X (fig. 6), qui portent des réglettes droites et demi-rondes *z*, et d'un autre côté par la pression des petits galets inclinés *g'*, libres sur leurs axes et disposés pour s'appuyer obliquement sur l'un des bords du drap, comme le montre bien la section horizontale détaillée (fig. 5).

D'après cela, il est aisé de voir comment la machine fonctionne. Le tissu à imprimer étant enveloppé sur l'ensouple Y, est amené sur la surface de la table cylindrique A, et se trouve entraîné dans la marche rotative qui lui est imprimée par le doublier du drap sans fin Z qui la tient appliquée contre elle. A son passage entre cette table et les cylindres gravés ce tissu reçoit de chacun l'impression successive suivant les couleurs correspondantes qui produisent les dessins résultant de la combinaison des diverses gravures.

Les fig. 8, 9 et 10 représentent à une grande échelle des fragments de la composition des cylindres B.

Au lieu d'être en bois chacun de ces cylindres se compose d'une chemise en tôle fixée sur deux disques de fonte *d'* (fig. 4) et à bords relevés aux extrémités; les disques sont ajustés sur deux douilles coniques dont l'une *i* fixe sur l'axe, et l'autre c^2 mobile et à vis pour être serrée à l'aide d'un écrou *e'*. Cette disposition a l'avantage de changer de cylindres en se servant toujours des mêmes axes.

Le tube en tôle est recouvert sur toute sa surface d'une couche de plâtre, de *stuc* ou de *ciment* que l'on tourne cylindriquement. Sur cette couche, on rapporte des clichés en métal B' (fig. 8 à 10) que l'on cintre au moyen de matrices ayant la forme circulaire.

Les auteurs ont aussi exécuté un mécanisme fort simple qui permet de mettre les gravures des trois cylindres parfaitement en rapport, de sorte que lorsqu'on les place sur la machine les parties pleines de l'une correspondent aux parties vides de l'autre, et réciproquement.

OUTILLAGE DES ATELIERS.

DIVERS SYSTÈMES DE FILIÈRES

A TARAUDER LES VIS ET LES BOULONS.

DONNÉES ET OBSERVATIONS PRATIQUES SUR LEUR CONSTRUCTION,

PAR

M. ARMENGAUD aîné, Ingénieur à Paris.

(PLANCHE 15.)

Après avoir cherché à établir des règles simples et pratiques pour les proportions à donner aux vis et aux boulons à filets triangulaires et carrés, nous avons pensé qu'il pourrait être intéressant de faire connaître les outils spéciaux le plus en usage dans les ateliers pour effectuer l'opération du taraudage; nous voulons parler plus particulièrement des filières et des tarauds.

C'est une question qui est réellement beaucoup plus importante qu'on ne serait tenté de le croire au premier abord, que d'employer de bonnes filières, car on en fait l'application dans les plus petits comme dans les plus grands établissements, et partout on cherche à simplifier le travail, à économiser la main-d'œuvre. C'est même dans les ateliers les plus restreints que ces instruments sont les plus indispensables, et en général ils sont encore les moins bien montés en ce genre.

Nous croyons que c'est en France que l'on a imaginé le plus grand nombre de filières différentes, mais il ne paraît pas que nous en soyons pour cela plus avancés. Il y a déjà bien longtemps que la Société d'Encouragement avait proposé des prix pour la confection des meilleurs systèmes de filières et de tarauds, prix qu'elle a décernés à un intelligent ouvrier de Paris, M. Waldeck, et cependant le procédé de cet inventeur, pas plus que ceux de plusieurs autres, ne se sont répandus. On a conservé généralement les anciens appareils.

Une condition essentielle à remplir dans ces sortes d'instruments, c'est surtout de rendre les coussinets assez coupants pour tailler ou enlever la

matière sans la refouler; il faut de plus qu'ils soient assez durables et n'occasionnent pas de trop grands frais d'entretien. Il n'est pas rare de voir dans certaines maisons deux ouvriers attelés aux bras d'une filière pour tarauder des tiges de 30 à 35 millimètres de diamètre, lorsqu'on pourrait avec des coussinets, convenablement disposés et bien affûtés, tarauder des tiges de même grosseur et même plus fortes avec un seul homme qui se donnerait moins de peine.

M. Whitworth, de Manchester, dont nous avons déjà eu l'occasion de citer les intelligentes recherches sur les filets de vis, s'est aussi beaucoup occupé de la construction des filières et des tarauds. Il y a plusieurs années, après avoir visité son bel et grand établissement des machines-outils de toute espèce, nous avons pu faire connaître son système de filière à 3 coussinets, se rapprochant à la fois par un cercle denté et excentré que l'on manœuvre par une vis tangente. Ce système a été très-ingénieusement appliqué par M. Decoster à des machines à tarauder travaillant par un moteur continu (1).

Antérieurement, M. Rouffet, de Paris, avait exécuté un instrument analogue, et de plus un taraud à filets mobiles pour les écrous. A l'Exposition française de 1839, nous avions aussi remarqué une filière à 3 coussinets, dont 2 seulement coupaient, et le 3e servait de guide : cette filière a été présentée par un ouvrier dont nous ne nous rappelons malheureusement pas le nom.

Depuis lors plusieurs mécaniciens ont aussi proposé des filières à 3 coussinets, comme étant celles qui paraissent le mieux remplir cette condition de bien couper le métal sans le refouler.

Toutes les personnes qui ont pu visiter l'Exposition universelle de Londres et qui, comme nous, ont admiré la riche collection de machines-outils exposée par M. Whitworth, ont sans doute examiné sa nouvelle filière dite *Guide-stock*, qui est également à 3 coussinets, mais d'une exécution plus simple et plus commode que celles qu'il avait faites antérieurement. Dans ce système, l'un des coussinets est fixe et les deux autres se rapprochent par un coin à double plan incliné. Nous en donnons plus loin la description avec le détail.

Un inventeur de mérite, M. Rives aîné, de Toulouse, à qui l'on doit un grand nombre d'innovations utiles, a aussi fait un système de filière à 3 coussinets, qui permet de tarauder des tiges de 40 à 50 millimètres de diamètre avec la puissance d'un seul homme. Ainsi nous avons vu des vis d'étaux à filets carrés coupés par ce système, qui nous a paru tellement avantageux que nous voudrions le voir appliqué dans tous les ateliers de serrurerie, de mécanique, aussi bien que dans les fabriques de vis et de boulons.

Enfin, un entrepreneur très-industrieux de Paris, M. Jacquemart, qui

(1) Voir tome III, pl. 23 de la *Publication industrielle*.

a exécuté des travaux importants en serrurerie, s'est fait breveter, en 1847, pour une filière à 4 coussinets, formant couteaux et marchant simultanément par une combinaison d'engrenages d'angle et de vis sans fin.

Avant de décrire ces divers systèmes de filières, il nous a paru nécessaire de parler d'abord avec quelques détails de celles ordinaires, qui sont encore le plus généralement employées, ne serait-ce que pour mieux faire ressortir les inconvénients qu'elles présentent dans la pratique.

FILIÈRE ORDINAIRE A DEUX COUSSINETS. — Une filière qui est encore très-répandue dans bien des ateliers, sans doute en raison de son ancienneté, est celle dans laquelle l'un des bras est taraudé pour servir de vis de pression aux coussinets. Elle n'est pas représentée sur le dessin pl. 15, parce qu'elle est réellement trop connue, et que d'ailleurs elle se trouve encore chez presque tous les quincailliers. Nous avons entendu vivement blâmer ce genre de filière par des ouvriers fort capables et surtout très-bien placés pour en faire l'appréciation; on peut résumer leurs observations, en disant : que le bras taraudé prend du jeu après un certain temps de service, que la vis se desserre pendant le travail même, que les coussinets qui ne sont plus maintenus se dérangent, et que par suite les filets se mâchent. On peut dire aussi que le plus généralement les coussinets sont mal montés et d'un affûtage difficile, d'où il résulte que les filets de vis obtenus ne sont pas toujours bien formés et ne présentent pas la régularité nécessaire.

Ce système a en outre l'inconvénient d'exiger beaucoup trop de force pour tarauder des tiges d'une certaine dimension, parce que le plus souvent les coussinets ne coupent pas bien et refoulent la matière à tel point que le diamètre de la tige est sensiblement augmenté après le taraudage.

FILIÈRE ANGLAISE ORDINAIRE. — On emploie beaucoup aussi un système de filière dite de *Stubs* à deux coussinets avec une seule vis de pression, mais qui ne se trouve pas dans le prolongement des bras ni dans une direction perpendiculaire à ces derniers.

Le plan fig. 1re, pl. 15, en montre bien la disposition.

La fig. 2 en est une section verticale faite suivant la ligne 1-2, et la fig. 3 une section transversale suivant la ligne 3-4.

L'examen de ces figures suffit pour reconnaître le caractère distinctif de cette filière, qui est, du reste, d'une construction très-économique et peut, en raison même de sa simplicité, rendre des services, en n'en faisant l'application que jusqu'à de certaines limites.

Les coussinets *a* sont ajustés à queue d'hironde dans la mortaise oblique pratiquée à l'intérieur du corps proprement dit A, lequel est forgé d'une seule et même pièce avec les deux bras B; un renflement cylindrique *b* est ménagé sur le côté pour recevoir la vis de pression *c*, taraudée à son centre. Les plans inclinés de la queue d'hironde sont supprimés à l'extrémité *d*, pour permettre l'introduction et la sortie des coussinets.

Ce système a l'inconvénient de ne pas conserver le centre de l'ouverture

des coussinets quand on les rapproche ou quand on les écarte, au milieu même de la filière ; elle a aussi celui de tendre à se déverser, lorsqu'on la manœuvre, c'est ce qui fait qu'elle ne peut s'employer sur de grandes dimensions.

FILIÈRE TYPE A DEUX COUSSINETS. — Le système de filière simple à 2 coussinets qui paraît réunir le plus d'avantages dans la pratique et éviter une partie des inconvénients reprochés particulièrement au système à bras taraudé, est celui qui est représenté sur les fig. 4 à 7, pl. 15.

On y remarque que les coussinets y sont ajustés à rainures et réglés par deux vis de pression *d*, dans une direction perpendiculaire à l'axe des bras; il en résulte que la tige à fileter peut toujours être au centre même de l'instrument, condition utile pour la perfection du travail lorsqu'on taraude des tiges de fortes dimensions.

La fig. 4 montre un plan vu en dessus de cette filière toute garnie, les coussinets *a* sont supposés dans la position qu'ils doivent occuper lorsqu'ils arrivent à la dernière passe.

La fig. 5 est une section verticale faite suivant la ligne 5-6, au milieu du corps A de la filière, et qui prolongée passe par l'axe des bras forgés avec celui-ci.

La fig. 6 est une seconde coupe faite perpendiculairement à la précédente et passant par l'axe des vis de pression ; et en supposant un boulon F, soumis à l'action des coussinets, à la seconde passe.

La fig. 7 est une vue intérieure du corps de la filière pour faire voir la disposition de la rainure *b*, dans laquelle s'ajuste la languette *c* des coussinets.

On voit par ces figures que le caractère particulier de cette filière réside dans la position même des coussinets, qui sont serrés également chacun par une vis de pression *d*, à tête ronde, et dont l'axe est perpendiculaire à celui des bras B. Cette disposition a l'avantage de rendre le corps et les bras parfaitement solidaires, forgés de même pièce ; elle a aussi le mérite de donner à l'instrument une forme gracieuse et parfaitement symétrique, de telle sorte que son centre de gravité correspond rigoureusement au centre de figure, et permet d'y maintenir la tige que l'on veut tarauder à toutes les passes, puisqu'on peut toujours serrer à la fois les deux coussinets *a*. Ceux-ci sont non-seulement évidés dans leur milieu pour le dégagement des copeaux, mais encore taillés en biseau sur les bords, de manière à présenter ainsi des angles plus vifs, plus tranchants, qui coupent beaucoup mieux la matière que lorsqu'ils sont taillés suivant des faces parallèles, comme on l'a vu sur les filières précédentes.

Ce système de construction simple et solide n'exigeant que peu d'entretien, et pouvant se réparer facilement, est évidemment celui qui doit être le plus en usage ; c'est pourquoi nous l'avons choisi pour type des filières ordinaires à deux coussinets.

PETITE FILIÈRE A DEUX COUSSINETS. — Les fig. 8 à 11 représentent

un système de filière, de petites dimensions, que l'on emploie pour les vis ou les boulons de 5 à 10 millimètres de diamètre; construite sur une disposition simple et économique, comme la précédente, elle paraît bien entendue dans sa forme comme dans ses proportions.

Les coussinets *a* sont ajustés suivant un système dit à tombeau et serrés par les deux vis de pression *d*. Leur section est alors de forme trapézoïdale, de sorte qu'en les plaçant, d'un côté, dans la cage en fer A qui doit les recevoir, ils ne peuvent pas sortir par le côté opposé; il suffit pour les retenir, d'ajuster au-dessus une petite plaque en fer *e*, fig. 11, percée au milieu d'un trou elliptique pour le passage de la tige à tarauder. Cette plaque peut glisser au besoin entre les deux coulisseaux à queue d'hironde *c* qui la tiennent en place.

PROPORTIONS DES FILIÈRES ET DES COUSSINETS.

Le système de filière que l'on vient de voir paraissant remplir en général les meilleures conditions, comme filières à deux coussinets, et étant par cela même le plus susceptible de se répandre dans les ateliers, nous avons cherché à établir des proportions qu'il convient de donner aux différentes parties qui composent ces instruments, afin qu'ils puissent résister au travail qu'ils sont appelés à faire, sans être trop lourds et sans employer trop de matière à leur confection.

Les dimensions d'un tel outil doivent être déterminées d'après le diamètre même de la tige que l'on veut tarauder. Or, une même filière peut servir au moins à 3 diamètres différents en employant des coussinets de rechange. Il est essentiel de faire en sorte qu'il en soit ainsi afin de diminuer autant que possible les frais d'outillage.

Dans les appréciations et les calculs qui y ont donné lieu, nous avons donc pris pour base le plus grand diamètre des boulons que chaque filière peut tarauder.

Ainsi, en appelant *d* le diamètre de la tige, nous admettons que toutes les dimensions de l'instrument se rapportent à celle-ci, et alors nous avons pu, après une série d'observations pratiques, établir les valeurs suivantes :

1° PROPORTIONS DES COUSSINETS.

Épaisseur de chaque coussinet, mesuré dans le sens de la hauteur des filets de vis ou . . . . $h = 0{,}65\ d$

Longueur dans le sens des vis de pression. . . . . . $p = 0{,}86\ d$

Saillie de la languette. . . . . $g = 0{,}13\ d$

Hauteur de la dite. . . . . $r = 0{,}17\ d$

Largeur du coussinet. . . . . $c = 1{,}10\ d$

Quant à la portion de circonférence embrassée par chacun des coussinets, on peut généralement la faire égale à un arc de 90 à 100°.

2° PROPORTIONS DU CORPS ET DES BRAS DE LA FILIÈRE.

Épaisseur du corps ou de la cage. . . . . $e = 0,5\ d$
Diamètre des bras près de la cage. . . . . . $b = 0.7\ d + 3^{\text{mill.}}$
Longueur des bras, ou rayon de la filière, depuis le centre jusqu'à l'extrémité. . . . . $L = 13,5\ d$

La section s du corps aux angles de la cage est au moins égale à celle des bras, par conséquent la largeur

$$l = \frac{\pi\, b^2}{4\, e};$$

ou bien si on se rapporte directement à d,

$$l = \pi \left(\frac{d}{4} + \frac{9}{2\, d} + 2^{m}01\right)$$

Enfin le diamètre des vis de pression ou . . . . . $v = 0,06\ d$.

En appliquant ces proportions à la filière type que nous avons prise pour exemple et dans laquelle nous avons supposé le plus fort diamètre de la tige à tarauder, $d = 0^{m}\ 035$, ou 35 millim. on trouve les dimensions suivantes :

1° Pour les cousssinets :

$$h = 23^{\text{mill.}}$$
$$p = 30$$
$$c = 38$$

2° Pour la cage et les bras :

$$e = 17,5^{\text{mill.}}$$
$$b = 27,5$$
$$L = 472,0$$
$$v = 21,0$$
et $l = 34,0$

On pourrait évidemment trouver de la même manière les proportions analogues des coussinets et des filières convenables pour d'autres diamètres de tiges. Afin d'éviter les calculs, nous avons représenté sur le tracé graphique (fig. 12 et 13), comme déjà nous l'avions fait pour les boulons et les écrous, les diagrammes qui résument toutes les valeurs précédentes.

Les deux extrémités de ce tableau représentent dans le sens vertical les diamètres des tiges à tarauder, depuis 5 jusqu'à 50 millim., et l'échelle supérieure horizontale donne les valeurs correspondantes de grandeur d'exécution, pour chaque partie des filières et de leurs coussinets, excepté pour la longueur des bras que nous supposons exprimée au 1/10e.

Ainsi, à gauche du tracé (fig. 12), on voit la première diagonale ee' qui

correspond à l'épaisseur de la cage, celle *ev*, qui montre le diamètre des vis de pression, et les deux autres *bb'* et LL' qui donnent le diamètre et la longueur des bras.

De même à droite du tableau, on remarque les diagonales *hh'*, *hp* et *hc*, qui correspondent aux 3 dimensions principales des coussinets.

Toutes ces valeurs sont réunies dans les deux tables suivantes calculées séparément :

TABLE RELATIVE AUX DIMENSIONS DES COUSSINETS PROPRES A TARAUDER LES VIS ET LES BOULONS (1).

d Diamètre minimum de la tige qui peut être taraudée.	*c* Largeur du coussinet en millimètres.	*h* Hauteur ou épaisseur du coussinet.	*p* Longueur du coussinet en millimètres.	DIMENSIONS DES LANGUETTES OU NERVURES. *g* Saillie ou portée de la languette.	*r* Hauteur de la languette.
5	5.5	3.2	4	»	»
10	11	6.5	9	1.3	1.6
15	16	10	13	2	2.5
20	22	13	17	2.6	3.3
25	27	16	22	3.2	4
30	33	19.5	26	4	5
35	38	23	30	4.6	5.8
40	44	26	34	5.2	6.8
45	49	29	38	5	7.5
50	55	32.5	42.8	6.4	8

(1) Nous donnerons sur les tarauds, les mères-vis, les clés, etc., des dessins, tableaux et renseignements aussi précis que ceux qui accompagnent chacune des planches relatives à la construction. Nous n'avons pas voulu le faire dans ce volume, parce que trois planches sont déjà consacrées à des documents de même sorte, et que, pour nos lecteurs, nous préférons traiter des sujets nouveaux, comme par exemple, les bielles, les manivelles, les engrenages, les poulies, etc., sauf à revenir, une fois pour toutes, sur l'importante série que nous avons entreprise.

TABLE RELATIVE AUX DIMENSIONS DES FILIÈRES PROPRES A TARAUDER LES VIS ET LES BOULONS.

d Diamètre maximum de la tige qui peut être taraudée.	*L* Longueur des bras du centre à l'extrémité.	*b* Diamètre des bras près de la filière.	*e* Épaisseur du corps de la filière en millimètres.	*l* Largeur du corps à l'angle de l'ouverture.	*v* Diamètre des vis de pression des coussinets.
5	67	6.5	2.5	4	3
10	135	10	5	9	6
15	202	13	7.5	13	9
20	270	17	10	18	12
25	337	20	12.5	23	15
30	405	24	15	27	18
35	472	27	17.5	31	21
40	540	31	20	36	24
45	607	34.5	22.5	40	27
50	675	38	25	45	30

FILIÈRE A TROIS COUSSINETS, DONT DEUX MOBILES,

Par M. Whitworth, de Manchester. (Fig. 14 et 15.)

Ce nouveau système de filière, pour laquelle l'auteur s'est fait patenter récemment en Angleterre et qu'il a exécutée sur plusieurs dimensions, comme on a pu le voir à l'Exposition de Londres, est représenté en plan et en coupe verticale sur les fig. 14 et 15. Il se compose de trois coussinets, dont l'un *a* est fixe, ajusté dans le corps A de l'instrument, qui, comme les filières ordinaires, est forgé d'une seule pièce avec les deux bras B. Les deux autres a' et a^2 sont mobiles, c'est-à-dire susceptibles de s'approcher ou de s'écarter du premier, au moyen d'un double coin en fer *b* qui se termine par une partie filetée traversant un écrou *c* dont les faces sont numérotées, afin de montrer la quantité dont on le fait tourner lorsqu'on veut serrer le coin.

Les deux parties obliques de ce dernier ne sont pas également inclinées, à cause de la différence de position des deux coussinets qu'elles doivent rapprocher à la fois de la même quantité.

Toute la cage est recouverte par une platine en fer *d*, percée à son centre d'une ouverture elliptique, et fixée par trois petites vis.

M. Whitworth assure que par ce système, auquel il a donné le nom de *Guide-stock*, il peut tarauder des vis ou des boulons, presque aussi bien

que les meilleures machines à fileter. Les filets sont très-nets, très-réguliers et parfaitement coupés, sans bavure, ni renflement du métal. Les coussinets formés par une *mère*, du double de la profondeur de la vis, et d'un diamètre plus grand que la tige à tarauder, produisent une action très-avantageuse depuis le commencement jusqu'à la fin de l'opération, et évitent les inconvénients reprochés aux autres systèmes.

Dès qu'on commence le filetage, le coussinet fixe sert de guide et d'appui pour les deux autres qui coupent; ceux-ci sont particuliers dans leur forme et dans leur direction.

On peut avoir confiance dans les avantages annoncés par l'inventeur, qui est un homme de pratique et très-expérimenté dans la confection et l'emploi des outils d'ateliers.

FILIÈRE A TROIS COUSSINETS MOBILES,

Par M. Rives aîné. (Fig 16, 17 et 18.)

En établissant ce système l'auteur a eu pour but de réduire considérablement l'effort employé par l'ouvrier chargé de tarauder des tiges de gros diamètre, et en même temps le poids total de l'instrument comparativement à la force des vis.

Les fig. 16 et 17 montrent en plan et en coupe verticale un modèle de ce genre de filière qui se distingue par la solidité et par la dimension même des barres d'acier qui forment les coussinets.

Ceux-ci consistent, en effet, en trois barres quarrées *a*, présentant une grande longueur, afin de pouvoir, d'une part, servir des deux bouts, et de l'autre, être parfaitement tenus et guidés dans leur position respective.

Ajustés dans les renflements *b*, forgés avec la cage même A de l'instrument et avec les deux bras B, ils sont ramenés vers le centre, au moyen de vis de rappel *c*, dont la tête porte une embase qui a pour objet de s'engager dans l'une des entailles droites *d* de chaque coussinet. Ainsi, en tournant ces vis à l'aide d'une broche ou d'un poinçon, elles entraînent naturellement leurs coussinets avec elles.

Pour plus de sécurité, la tête de chaque vis est encore liée à son coussinet par une bride en fer C (fig. 18) qui peut marcher sur celui-ci, et qui retient le tout tellement solidaire qu'il est de toute impossibilité que le moindre dérangement se produise pendant le travail, quel que soit d'ailleurs le diamètre de la tige à tarauder. Ces brides n'empêchent pas les vis de rappel de tourner, parce qu'elles n'y sont tenues que par une petite vis qui pénètre dans la gorge circulaire ménagée à l'extrémité de leurs têtes.

Nous avons eu des tiges de 50 et de 60 millimètres de diamètre, à filets quarrés, coupés avec les coussinets de cette filière, en n'employant que la puissance d'un ouvrier qui paraît moins fatigué que deux hommes appliqués à des filières ordinaires pour des dimensions analogues.

Par cela même que les coussinets sont très-longs et dentelés sur leur

côté, on peut les faire servir à tarauder des diamètres assez différents, • utilisant tantôt une extrémité, tantôt l'autre.

FILIÈRE A QUATRE COUSSINETS MOBILES,

Par M. Jacquemart. (Fig. 19 et 20.)

La fig. 19 représente la vue en plan de ce genre de filière, en supposa la plaque de fermeture coupée en deux afin de laisser voir l'intérieur mécanisme.

La fig. 20 est une coupe verticale passant par la ligne brisée 7-8-9.

On voit que cet instrument se compose d'une boîte ou cage circulaire fer A portant deux douilles cylindriques *b*, dans lesquelles se rapporte et se fixent à clavettes les deux bras B.

Les quatre coussinets *a* sont entaillés dans le noyau ou le centre cage et concourent tous au centre de la filière ; leur coupe est telle q peut tarauder en tournant dans les deux sens : le plan montre en qu'il y en a deux à droite et deux à gauche.

L'extrémité du coussinet opposée à la partie travaillante est taillée queue d'hironde pour recevoir une petite tige taraudée *c* sur laquelle e fixé un pignon d'angle *d* dont le moyeu forme intérieurement écrou.

Ces quatre pignons sont retenus entre la paroi intérieure de la cage e le moyeu central, de façon qu'ils ne peuvent aucunement varier dans l sens des rayons du cercle; ils sont commandés à la fois par une couronn dentée C placée au fond de la boîte, de manière qu'en faisant mouvoir cett couronne circulairement, on imprime un mouvement de rotation uniform à chaque pignon.

Ce mouvement a évidemment pour résultat de changer la position de coussinets, par rapport au centre de la filière, et d'une quantité égal pour chacun ; on opère au moyen d'une petite manivelle *m* dont l'axe d l'un des pignons est armé, et qui en tournant agit sur la couronne denté et fait tourner les trois autres pignons de la même quantité.

Observations. — En décrivant les divers systèmes de filières qui précèdent, nous n'avons pas eu la prétention de faire l'historique de tous les projets, de toutes les dispositions qui ont été proposées jusqu'à présent dans ces sortes d'instruments. Nous avons seulement fait un choix parmi ceux qui sont le plus susceptibles d'être employés pratiquement et de rendre d'utiles services dans les ateliers. Ce sont de ces outils trop essentiels et indispensables pour qu'on ne cherche pas à les répandre, avec tous les perfectionnements que peuvent exiger les progrès qui se font chaque jour dans la construction des machines.

FORGES - SOUFFLERIES.

MACHINES SOUFFLANTES HORIZONTALES

A ACTION DIRECTE,

Par **M. CADIAT aîné**, Ingénieur à Paris,

Et par **MM. THOMAS et LAURENS**, Ingénieurs à Paris.

(PLANCHE 16 ET 17.)

On sait que les machines soufflantes sont particulièrement destinées, dans les usines à fer, à alimenter les hauts-fourneaux, les mazeries, les fours d'affinerie, etc. Pendant longtemps on a construit ces machines avec des cylindres verticaux et des dispositions à balanciers et à parallélogrammes, ce qui entraînait à des constructions extrêmement dispendieuses. Il semblait qu'on ne devait pas sortir du système des machines de Watt; mais lorsque des ingénieurs distingués, et ayant fait leurs preuves, ont démontré que l'on pouvait en pratique adopter des dispositions plus simples, plus commodes et plus économiques, il a bien fallu adopter leur système, puisqu'il y avait avantage sous tous les rapports.

Ainsi, au lieu de ces gigantesques souffleries à balanciers qui, outre leur complication de mécanisme, exigeaient des fondations considérables, on adopte préférablement aujourd'hui des machines soufflantes à cylindres horizontaux et à action directe. Parmi ces machines, on en distingue de deux espèces : les unes sont à volant et les autres sans volant.

Dans le premier cas, la course des pistons dans chaque cylindre est limitée par le rayon même de la manivelle qui sert d'intermédiaire entre le piston moteur et le piston à vent, et qui transmet le mouvement à l'arbre du volant. Telles sont les dispositions appliquées par MM. Thomas et Laurens dans plusieurs forges qu'ils ont été chargés de monter en France et ailleurs.

Dans le second cas, c'est la distribution même de la vapeur qui limite la course du piston : des taquets adaptés à l'extrémité de la tige de celui-ci servent à faire changer le tiroir de place, et par conséquent à admettre la vapeur tantôt à gauche et tantôt à droite. Au besoin, des ressorts de chocs

appliqués aux extrémités de l'appareil, et tout à fait en dehors, amortissent les effets des chocs, si, par une diminution subite de la résistance, la course des pistons avait tendance à se prolonger au delà de la limite. Telle est la disposition adoptée par M. Cadiat à l'usine de Decazeville.

Nous décrirons successivement ces deux systèmes avec et sans volant, en commençant d'abord par celui de M. Cadiat.

MACHINE SOUFFLANTE

A CYLINDRES HORIZONTAUX ET A ACTION DIRECTE,

A HAUTE PRESSION, ET SANS VOLANT,

PAR M CADIAT AINÉ.

(PLANCHE 16.)

La machine que nous allons décrire est établie dans les forges de Decazeville, où elle est employée, concurremment avec trois autres machines, de 80 chevaux chacune, pour souffler sept hauts-fourneaux et deux mazeries.

Elle est à action directe. Le piston à vapeur est fixé sur la même tige que le piston à vent.

La puissance de la vapeur est communiquée directement au piston soufflant, sans parallélogramme, ni balancier, ni bielle, ni volant, ni aucun intermédiaire. Cette machine est à haute pression, sans détente et sans condensation.

Les chaudières qui produisent la vapeur sont au nombre de quatre. Elles sont chauffées par les gaz recueillis aux gueulards de plusieurs hauts-fourneaux. Elles ont 1^{m}20 de diamètre, et 10^m de longueur. Elles sont pourvues chacune de deux bouilleurs de 0^{m}60 de diamètre et de 11^m de longueur.

En construisant cet appareil, l'on n'a point pris la consommation du combustible en considération ; car les gaz employés au chauffage sont considérés comme n'ayant aucune valeur. On s'est seulement proposé de simplifier la construction le plus possible, et de diminuer les frais de l'installation.

La disposition horizontale des cylindres à vent et à vapeur a permis de réduire les pièces principales de la machine à un très-petit nombre. Aussi est-elle revenue à un prix extrêmement réduit.

M. Cadiat a également monté à l'usine de Décazeville un grand nombre de tours à chariots et de machines-outils pour la construction des grosses pièces de mécanique.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA MACHINE,

REPRÉSENTÉE SUR LES FIGURES DE LA PLANCHE 16.

La fig. 1 représente une élévation générale de la machine vue en coupe. La section du fond de cylindre soufflant, à gauche du dessin, est faite suivant la ligne verticale 1-2 de la fig. 3. Les autres coupes de la même figure sont faites suivant un plan vertical passant par l'axe ou la ligne 3-4 du plan.

Fig. 2. Plan d'une portion de la plaque de fondation.

Fig. 3. Vue extérieure de l'un des fonds du cylindre soufflant.

Fig. 4. Coupe transversale du cylindre soufflant, montrant son piston moitié en élévation de face, moitié en coupe, suivant la ligne 5-6 de la fig. 5.

Fig. 5. Section longitudinale, faite par l'axe, d'une portion du même cylindre et de l'un de ses fonds, ainsi que d'une partie du piston et de sa tige.

Fig. 6. Coupe verticale, par l'axe, d'une partie du cylindre à vapeur et de l'un de ses fonds; du piston et de la boîte de distribution, avec une élévation extérieure d'une portion du bâti qui porte les leviers de distribution de vapeur.

Fig. 7. Section transversale du cylindre, faite au milieu de sa longueur et au milieu de son piston vu intérieurement, avec la boîte à vapeur et son tiroir.

Fig. 8. Autre coupe transversale de la plaque de fondation des deux côtés du bâtis, et vue par bout du côté opposé.

Fig. 9. Projection horizontale des guides et des axes du mouvement des pompes alimentaires.

CONSTRUCTION GÉNÉRALE.

Cette machine se compose d'un cylindre à vapeur A et d'un cylindre à vent A′, fixés tous deux horizontalement sur une même plaque de fondation B fondue en trois pièces, qui sont réunies par des boulons en *b* (fig. 2); d'un piston à vapeur D, et d'un piston à vent C, réunis par une même tige horizontale E.

La distribution de vapeur dans le cylindre se fait par un tiroir K mis en mouvement par des tasseaux *k* qui font partie de la tige des pistons, et agissent sur un double système de leviers ou d'équerres en fer I. Le tuyau M qui amène la vapeur des chaudières à la boîte de distribution est munie d'une soupape d'admission L qui est en communication avec le régulateur. Comme la machine est à haute pression, sans détente ni condensation, la vapeur après avoir produit son effet sur le piston s'échappe par le tuyau de sortie N qui traverse la plaque de fondation.

Les fonds du cylindre à vent portent des soupapes en cuir *l* pour l'entrée de l'air, et des soupapes *m* qui s'ouvrent en sens contraire pour la

sortie. Ces dernières débouchent dans l'intérieur des tubulures G, qui font corps avec les fonds et qui communiquent avec le porte-vent.

Ces clapets ou soupapes sont rendues accessibles au moyen d'un trou d'homme ou d'une porte en fonte, boulonnée sur chaque tubulure, et qu'on démonte à volonté.

La tige commune aux deux pistons est en deux parties; la première, celle de gauche, correspondante au piston soufflant, est en fonte; elle est creuse, et la seconde, correspondante au piston à vapeur, est en fer forgé. Elles sont réunies par un assemblage à douille avec un clavetage *i* (fig. 1). Elles portent à l'endroit de cet assemblage un axe à lunette *q*, destiné à retenir la tige pour l'empêcher de tourner, et en même temps à communiquer le mouvement, par les deux bielles pendantes *r*, aux deux pompes alimentaires placées dans un puits situé au-dessous. Ces petites bielles [illegible] reliées par l'axe en fer *s* aux leviers parallèles *t* qui servent de guides [illegible] tiges des pistons de ces pompes.

La maîtresse tige E traverse les deux fonds du cylindre à vent et [illegible] du cylindre à vapeur, en passant dans des boîtes à étoupes qui les guident, et de plus, en dehors de chaque fond elle roule sur des galets, qui [illegible] moyen de cette disposition, supportent seuls le poids de la tige et des pistons.

Les parois des deux cylindres et les boîtes à étoupes, n'ayant aucune charge à porter de la part des pistons, n'éprouvent pas plus d'usure que si ces derniers se mouvaient dans des cylindres verticaux.

JEU DE LA MACHINE.

Le jeu de la machine est assez simple pour qu'il soit inutile de le décrire longuement. Ainsi, pour le mouvement du tiroir de distribution, on voit que l'un des tasseaux *k* a pour objet de faire mouvoir le tiroir dans un sens, et que l'autre ramène celui-ci en le faisant marcher en sens contraire.

Les deux leviers l, sur lesquels les tasseaux agissent, sont pourvus chacun d'un galet dont l'axe est en acier, et dont le corps est formé d'un certain nombre de rondelles en cuir fortement serrées par des écrous. Ces garnitures en cuir suppriment le bruit que produiraient les chocs répétés qui auraient lieu de la part des tasseaux contre les galets.

RÉGULATEUR.

La vitesse de la machine est réglée d'après la dépense d'air faite par les tuyères. Quand la dépense d'air est considérable, que la pression du vent vient à diminuer dans les conduites, la vitesse de la machine s'accélère, et elle deviendrait trop grande si elle n'était modérée par l'action d'un régulateur.

Cet appareil n'est pas représenté sur le dessin, mais il est de la forme ordinaire des modérateurs à force centrifuge. Il est mis en mouvement par le pignon denté *o* (fig. 1) qui est monté sur le sommet de l'axe vertical

d'une roue à air *n*, à palettes ou à aubes héliçoïdes (fig. 1), placée dans le tuyau porte-vent qui conduit de la machine au réservoir d'air. Les aubes de cette roue sont en forme d'hélice, et elle est disposée de manière que tout le volume d'air poussé par le piston soit obligé de passer entre les aubes. Son pivot est porté par un tube à réservoir *p*. La roue tourne avec une vitesse qui diffère peu de la composante de la vitesse de l'air dans le sens du mouvement des aubes; et elle n'oppose au passage de l'air qu'une résistance équivalente à la force nécessaire pour maintenir le régulateur en mouvement.

Ce mode de régulation suffit pour modérer des écarts de vitesse qui ne sont pas trop brusques, mais il ne suffirait pas si, la pression du vent étant nulle dans les conduites, on voulait mettre la machine en marche sans précaution, en faisant agir subitement la vapeur avec toute la pression qu'elle possède dans les chaudières.

Il pourrait arriver dans ce cas, l'air n'étant pas encore comprimé dans les conduites ni dans le réservoir, et n'opposant aucune résistance au mouvement de la machine, que les pistons fussent lancés vers les fonds des cylindres, avec une violence qui serait capable de les rompre, si la course des pistons n'était pas limitée par des heurtoirs ou ressorts à lames U.

DÉTAILS DE CONSTRUCTION.

Les heurtoirs, disposés aux deux extrémités de la machine, reçoivent les chocs de la tige des pistons, et en amortissent les effets. Ces chocs n'ont lieu que toutes les fois qu'une diminution subite de la résistance tend à faire prolonger la course des pistons au delà de la longueur de celle ordinaire. Lorsque la dépense d'air se fait d'une manière uniforme, la tige n'arrive que rarement à toucher les heurtoirs.

Ces heurtoirs sont en bois; ils sont composés de lames comme les ressorts des voitures, et leur force élastique est assez grande pour détruire au besoin toute la quantité de mouvement imprimée par la vapeur à la tige des pistons.

Le piston soufflant C est revêtu de deux garnitures en cuir *c*, une sur chacune de ses faces. Chaque garniture, légèrement emboutie, est fixée à plat sur le pourtour du piston, en se relevant pour s'appliquer contre les parois du cylindre. Chaque garniture est logée dans une gorge de forme arrondie dont la surface se raccorde à la fois avec le plan du piston et avec la surface intérieure du cylindre. Les garnitures sont maintenues dans leurs gorges respectives par des segments en bois *d*, recouverts avec des bandes de fer et serrés par des boulons.

Les mêmes boulons traversent toute l'épaisseur du piston et servent à serrer les deux garnitures à la fois. A cet effet, ils sont à double taraudage et ils sont arrêtés dans la fonte par leur milieu, au moyen d'une encoche et d'une cale pour chacun d'eux.

Le piston soufflant est encore entouré d'une autre garniture *e* qui est

composée de segments en bois dur, ajustés dans un espace ménagé
l'épaisseur de son pourtour. Les segments sont pressés contre les p
du cylindre par des vis *f* taraudées dans la fonte. Cette garniture en
a pour but d'empêcher le contact de la fonte du piston avec celle du
lindre, et d'éviter le grippement qui pourrait en résulter dans les ca
par suite d'un dérangement dans la position de la tige, le piston sou
viendrait à s'appuyer contre la surface intérieure du cylindre.

Enfin le piston étant en fonte et creux avec nervures est recouve
la face opposée à la partie pleine d'une feuille ou plaque de tôle *g*.

En prenant la précaution de saupoudrer de temps en temps l'inté
du cylindre avec de la plombagine, ce piston marche sans graissage, et
aucun bruit ni brouttement.

Au lieu de chanvre pour garnir les boîtes, dites à étoupes, des fo
cylindre soufflant, on fait usage de peau de mouton revêtue de sa la

Le piston à vapeur présente une particularité. Sa garniture est com
de trois cercles en fonte *h* (fig. 6) : deux cercles extérieurs frottent c
le cylindre ; et le troisième cercle, d'une hauteur double, placé dans
térieur, est pressée contre les parois.

Le cercle intérieur forme un double cône produisant l'effet d'un
qui, en pressant les deux autres cercles, les fait écarter et applique
fois contre les plateaux du piston et contre la paroi du cylindre.

POMPES ALIMENTAIRES.

Les deux pompes alimentaires sont disposées verticalement sur une
forme, dans le puits, à peu de distance du niveau de l'eau. Les pistons
attachés à un même joug, ou traverse *s*, sur lequel les deux bielles
dantes *r* placées aux extrémités de l'axe à lunette *q* (fig. 1 et 9), vie
s'articuler avec deux leviers parallèles *t*, oscillant autour d'un axe fi
Ce sont ces leviers parallèles qui guident les pistons dans une direct
peu près verticale, et qui empêchent, en même temps, la tige comm
au piston soufflant et au piston à vapeur de tourner sur elle-même.

Le mouvement transmis aux deux pistons est tel qu'ils parcourent
fois leur course pendant que le piston à vapeur ne parcourt la sienne q
seule fois. La vitesse du mouvement des pistons est très-rapide au mo
où la soupape d'aspiration se ferme, et elle se ralentit beaucoup à la
la course ; mais cette grande vitesse ayant pour effet de détruire ra
ment les soupapes ordinaires, M. Cadiat a remplacé ces dernières pa
soupapes sphériques.

MANOMÈTRE OU INDICATEUR DE PRESSION.

Pour indiquer le degré de pression du vent produit par cette mac
elle est pourvue d'un manomètre à eau ordinaire ; mais construit da
plus grandes dimensions qu'on ne le fait habituellement. Ainsi, le cyl
en verre dans lequel s'élève la colonne d'eau indicative a 0^m080 d
mètre, et la cuvette est grande en proportion, tandis que le tuyau

geur qui fait communiquer le cylindre en verre avec la cuvette n'a que 0m018 de diamètre, c'est-à-dire que la section de ce tuyau n'est que la vingtième partie de la section du cylindre.

Il résulte de cette différence de section que le niveau de l'eau dans le cylindre en verre n'éprouve pas de changements brusques et que ses mouvements sont insensibles. La hauteur du niveau de l'eau dans le cylindre en verre, au-dessus du niveau de l'eau dans la cuvette, indique à chaque instant la pression moyenne de l'air refoulé par le piston soufflant.

TRAVAIL ET RÉSULTATS D'EXPÉRIENCES.

Au moyen de ce manomètre et en observant pendant un temps donné le nombre des coups de piston, on calcule aisément le travail utile produit par la machine dans ce même temps.

C'est ainsi qu'on a formé le tableau suivant qui indique le travail produit, dans les tournées de jour, pendant une semaine. La machine souffait séparément deux hauts-fourneaux, portant l'un le numéro 6, et l'autre le numéro 7.

TABLE RELATIVE AUX RÉSULTATS D'EXPÉRIENCES FAITES AVEC LA SOUFFLERIE.

DATES 1847 OCTOBRE.		Nombre de charges par fourneau.	Charge pour les deux fourneaux.	Poids du coke brûlé.	Durée du travail.	Pression du vent.	NOMBRE DES COUPS DE PISTON		Total du volume d'air produit.	Volume d'air brûlé par kil. de coke.	Travail dépensé exprimé en chevaux
							Par minute.	Par tournée.			
				(1) k.	h.	m.			m. cub.	m. cub.	
25	No 6	23	44	18260	10 3/4	1.40	42	27090	243810	13.3	117
	No 7	21									
25	No 6	24	57	23655	11 1/2	1.34	42	28980	260820	11	112
	No 7	33									
27	No 6	23	60	24900	11 1/2	1.65	42	28980	260820	10.4	13
	No 7	27									
28	No 6	16	51	21165	11 1/2	1.81	42	28980	260820	12.4	109
	No 7	35									
29	No 6	22	55	22825	11 1/2	1.34	42	28980	260828	11.8	112
	No 7	33									
30	No 6	20	47	19505	11 1/2	1.20	40	27600	248400	12.8	96
	No 7	27									
31	No 6	18	42	17430	11 1/2	1.00	35	24150	217350	12.5	80
	No 7	24									
		Moyenne..	51						Moyennes.	12	110

(1) Le poids de chaque charge était de 115 kil.

La force motrice correspondante à chacune des charges brûlées en 11 1/2 heures est de 2,1 chevaux. Ce résultat se vérifiait dans le même temps par le travail de trois machines de la force de 240 chevaux, soufflant ensemble cinq hauts-fourneaux; car le nombre de leurs charges était en moyenne de 120 pour une durée de travail de 11 1/2 heures.

Ces résultats répondent à une tonne de coke brûlée, en 11 1/2 heures, pour une force motrice de 5 chevaux.

L'air soufflé dans les fourneaux n° 6 et n° 7, est de 12 mètres cubes par chaque kilogramme de coke brûlé. Dans les cinq autres fourneaux la quantité d'air par kilogramme de coke est de 11,9 mètres cubes.

Les pistons de cette machine se meuvent dans les cylindres avec une facilité telle que le coefficient de l'effet utile obtenu est beaucoup plus considérable que dans les autres machines.

Ainsi, l'effet utile, constaté par la pression indiquée par le manomètre à eau et par la vitesse du piston soufflant, s'élève aux 0,80 ou 0,82 de l'effet théorique produit par la vapeur sur le piston à vapeur; quoique la pression de cette vapeur fût mesurée dans les chaudières, au lieu d'être mesurée dans le cylindre. L'effet utile dans les trois machines, comparées avec celle-ci, en le calculant de la même manière, n'est égal qu'aux 0,45 de l'effet théorique.

Depuis peu de temps on a trouvé qu'il était avantageux de souffler les hauts-fourneaux sous de fortes pressions. Ce motif a fait porter à 2,20 mètres d'eau la pression ordinaire de l'air refoulé par cette machine. De sorte que son travail d'aujourd'hui équivaut à 180 chevaux.

CALCULS RELATIFS AUX SOUFFLERIES A PISTON.

Nous donnons d'après le *Traité de la fabrication du fer et de la fonte*, *par MM. Flachat, Barrault et Petiet*, l'extrait suivant relatif aux calculs des souffleries à cylindre, afin de déterminer les volumes, les vitesses et la force nécessaire pour l'insufflation de l'air, à différentes pressions et à différentes températures.

Volume d'air engendré par le piston. — Le moyen le plus naturel qui se présente, pour déterminer le volume d'air que peut donner un cylindre soufflant pendant une seconde, se réduit à faire le produit de sa section par la vitesse du piston ; mais on obtient ainsi un nombre trop fort de toutes les pertes d'air qui, malgré la bonne construction de la machine, ont toujours lieu par la garniture du piston et les clapets.

D'après les observations de MM. Morin et Walter, elles s'élèvent toujours au moins à 20, et en moyenne à 25 pour 100, dans les appareils bien entretenus.

Si donc R désigne le rayon du cylindre soufflant,

V la vitesse du piston,

t la température de l'air,

et Q le volume réellement émis pendant une seconde, et ramené à la température de 0°, on a : (1)

$$Q=\frac{0,75\pi R^2 V}{1\pm 0,004\,t}=\frac{2,35\, R^2 V}{1\pm 0,004\,t}. \quad [1]$$

Volume d'air lancé par les buses. — L'exactitude de cette valeur dépend, comme on le voit, d'une évaluation approchée des pertes d'air du cylindre soufflant; on est plus sûr de la vérité, en calculant le volume Q en fonction de la *section des buses* et de la *vitesse* avec laquelle l'air s'en échappe.

Soit h = la pression de l'air en mercure à la buse;
h' = la hauteur d'une colonne d'air de même poids que h;
d' = la densité de l'air comprimé;
d = la densité de mercure par rapport à l'air = 10466;
g = 9,807;
b = la pression atmosphérique = 0,76;
v = la vitesse;

on a : $v^2=2gh'$.

Mais les relations entre h, h', d, d' et b, donnent :

$$h'd'=hd \text{ et } d'b=(b+h)\,1, \text{ d'où : } h'=\frac{hdb}{b+h}.$$

A une température t on aura $h'=\frac{hdb}{b+h}(1\pm 0,004\,t)$;

substituant cette valeur dans l'expression de v^2, il vient après toute réduction

$$v=395,04\sqrt{\frac{h(1\pm 0,004\,t)}{b+h}}. \quad [2]$$

Le volume d'air lancé par la buse sera égal au produit de la section

$S=0,785\,d^2$ par la vitesse v :

soit $0,785\,d^2\times v$.

En adoptant le coefficient d'expérience de 0,94, qui se rapporte aux ajutages coniques, le volume deviendra :

$$0,94\times 0,785\,d^2\times v.$$

En le ramenant à zéro et à la pression atmosphérique, on aura :

$$Q=\frac{0,94\times 0,785\,d^2\times v}{(1\pm 0,004\,t)}\cdot\frac{(b+h)}{b}.$$

En effectuant toutes les opérations indiquées :

$$Q=\frac{0,737\,d^2}{(1\pm 0,004\,t)}\cdot\frac{(b+h)}{b}.$$

Si, à la place de v, on substitue sa valeur, on trouve encore :

$$Q=\frac{384\,d^2\sqrt{h\,(b+h)\,(1\pm 0,004\,t)}}{1\pm 0,004\,t}. \quad [3]$$

1. On emploie $1+0,004\,t$ ou $1-0,004\,t$, suivant que la température de l'air est supérieure ou infé-

Diamètre des buses. — Si l'on connaissait le volume d'air Q, et que l'on demandât le diamètre de la *buse*, on tirerait de l'équation [3] :

$$d = \sqrt{\frac{Q\,(1 \pm 0{,}004\,t)}{384\sqrt{h\,(b+h)}\,(1 \pm 0{,}004\,t)}}. \quad [4]$$

Diamètre des tuyaux de conduite. — La *section* des tuyaux dépend de la longueur de la conduite et du volume d'air qui doit y passer. La *différence des pressions* qui existent au commencement et à la fin de la conduite est d'autant plus considérable que l'air est obligé de se mouvoir à une plus grande vitesse : si H et *h* désignent ces pressions, L la longueur de la conduite, D son diamètre, on a la relation suivante (1) :

$$h = H.\frac{42\,D^5}{L\,d^4 + 42\,D^5}.$$

En pratique, la *vitesse de l'air* dans les tuyaux est ordinairement réglée à 20m 00 par seconde, ce qui, en supposant que le piston soufflant se meuve à une vitesse de 1m 00, exige des tuyaux dont la section soit 1/20 de celle du cylindre : à cette vitesse, et avec des pressions initiales de 0m 02 à 0m 16 de mercure, la différence H-*h* varie environ de 0m 003 à 0m 005 de mercure pour des conduites de 20m 00 de long, et de 0m 005 à 0m 01 pour une conduite de 40m 00 ; elle est encore plus considérable lorsque les tuyaux portent des rétrécissements ou des coudes qui changent subitement la direction de l'air.

Cette observation suffit pour mettre en évidence la fâcheuse influence qu'une mauvaise disposition des conduites peut avoir sur la conservation de la pression, et l'on doit sentir qu'il est de la plus haute importance de calculer avec soin la section des tuyaux, si l'on ne veut pas arriver, après l'établissement d'une distribution de vent, à des mécomptes irréparables. Nous croyons que, sans se jeter dans des frais d'établissement trop dispendieux, on doit dans tous les cas, *calculer le diamètre* de manière à ne pas obtenir une diminution de pression qui dépasse 0,05 de celle qui existe dans le régulateur.

Il suffit, pour établir le calcul d'après cette donnée, de faire dans la formule précédente :

$$H - h = 0{,}05\ H,$$

$$\text{d'où}\ \ h = 0{,}95\ H\,;$$

elle devient alors :

$$D^5 = \frac{0{,}95\,L\,d^4}{0{,}05 \times 42} = 0{,}45\,L\,d^4,$$

d'où l'on tire : $$\text{Log. } D = \frac{\text{log. } 0{,}45 + \text{log. } L + 4\ \text{log. } d}{5}. \quad [5]$$

Cylindre soufflant. — Les dimensions du cylindre soufflant se calculent, en supposant le volume d'air à fournir Q dilaté à la température moyenne de l'été, soit à 20° environ (2) ; le volume à fournir par le cylindre est donc :

$$Q\ (1 + 0{,}004 \times 20°).$$

rieure à zéro; lorsque l'on ne veut pas tenir compte de la température de l'air, ce qui fort souvent est inutile, on fait $t = 0$ dans les formules, et elles deviennent alors beaucoup plus simples.

1. Formule de d'Aubuisson.

2. Il est nécessaire d'établir le calcul de cette manière, car si le cylindre soufflant était calculé pour

Mais à cause des pertes, ce volume doit être augmenté dans le rapport de 0,75 à 1, et il devient alors :

$$Q.\frac{(1+0,004.20^\circ)}{0,75}=1,44\ Q.$$

Si R désigne toujours le rayon du cylindre, C sa course, N le nombre de coups de piston par minute, et V la vitesse du piston par seconde, on aura :

$$\pi R^2 V=1,44\,Q;\ [6]$$

d'où l'on déduira R, après s'être donné V, qui, nous l'avons déjà dit, ne doit pas dépasser 0m60; on trouvera le nombre de coups de piston par minute en multipliant par 60 le quotient de la division de la vitesse par la course;

soit
$$N=\frac{60\ V}{C},$$

Comme on peut généralement prendre C = 2 R, il vient :

$$N=\frac{30\ V}{R}.$$

Le nombre des tours de la manivelle sera $\frac{N}{2}$.

Travail utile. — L'effet utile d'une soufflerie quelconque se calcule en fonction du ***poids d'air*** lancé par la buse et de la ***hauteur génératrice de la vitesse*** d'écoulement.

Ainsi, en désignant par P le poids du mètre cube d'air,

$\frac{Q\times P\times h'}{75}$ sera l'expression de cette valeur en chevaux-vapeur.

Le poids d'un mètre cube d'air, à 0° et à la pression de 0,76, étant égal à 1k3,

et h' étant égal à $\frac{hbd}{b+h}$,

On aura, en faisant $d=10466$, et $b=0,76$:

$$\frac{Q\times P\times h'}{75}=\frac{Q\times 1,3\times h\times 10466\times 0,76}{75\ (0,76+h)}=\frac{137,87\ Qh}{0,76+h}.\ [7]$$

Cette valeur peut encore prendre une autre forme et s'exprimer en fonction de la *section de la buse*, de la *pression* et de la *vitesse* de l'air (1).

La section de la buse = $0,785\,d^2$, et 13,568 indiquant la densité du mercure par rapport à l'eau, la pression de l'air en kil. = $h\times 13,568$;

Si l'on continue à appeler v la vitesse de l'air, on a pour valeur du travail utile en chevaux-vapeur :

$$\frac{0,785\,d^2+h\times 13,568}{75},$$

ou en réduisant :

$$\frac{QPh'}{75}=142,01\ d^2\,v\,h\ \text{(chevaux-vapeur)}.\ [8]$$

---

fournir le volume Q, il ne pourrait donner pendant l'été, à la température de 20°, que, par exemple,

$$\frac{Q}{1+0,004\times 20}=\frac{Q}{1,08}.$$

1. Elle comprend dans ce cas le coefficient de contraction adopté pour la buse.

Force motrice. — La force motrice ou la quantité de travail dépensé par une soufflerie à piston, se compose du travail utile et de celui qui est absorbé par les pertes et les frottements de la machine.

Le *travail utile* peut être calculé par l'une des deux formules précédemment indiquées; le travail absorbé par la contraction du vent et par les *pertes d'air* doit en être une certaine fraction simplement proportionnelle à ces pertes, car il est à peu près certain que celles qui ont lieu par la garniture du piston et les clapets, que nous avons supposés égales à 25 pour 100 et qui nous ont engagés à augmenter dans ce rapport le volume du cylindre, ne donnent pas lieu à un travail beaucoup moindre que si cet air était réellement expulsé par les buses : on peut en conséquence les comprendre dans le travail total pour une valeur égale au tiers de l'effet utile.

Les *frottements* (1) absorbent une quantité de travail fort difficile à estimer d'une manière générale; elle varie suivant la disposition plus ou moins favorable de la machine et la rectitude de son montage, suivant la dimension et l'arrangement des conduites de vent, enfin suivant l'état d'entretien dans lequel se trouvent ces parties, et l'on comprend qu'il ne peut pas exister à cet égard de coefficient général et applicable à tous les cas.

Les *frottements du piston* et *ceux de la tige* sont les seuls qui se présentent à peu près de la même manière dans toutes les machines, et ce sont les seuls que nous évaluerons :

Si R représente le rayon du piston, E la hauteur d'une des garnitures;
$2\pi R E$ représentera la surface frottante;
$2\pi R E h \times 13{,}568$ sera le poids dont elle est chargée;
Et si F représente le coefficient de frottement,
Et V la vitesse par seconde :

$$2\pi R E h \times 13{,}568 \times F \times V,$$

sera le travail absorbé en kilogrammètres,

En faisant $F = 0{,}30$, $E = 0{,}04$ et divisant par 75, il vient :

$$13{,}60 . R h V$$

pour la valeur en chevaux-vapeur des frottements du piston.

Soit r le rayon de la tige, e la hauteur du stuffing-box $= 2r$; f le coefficient de frottement,

$$\frac{4\pi r^2 \times h \times 13{,}568 \times f \times V}{75},$$

sera le travail en chevaux ; en faisant $f = 0{,}2$, cette expression devient :

$$454{,}43 r^2 h V.$$

On peut, dans une conduite donnée, calculer assez exactement le travail dû aux frottements de l'air ; pour une évaluation générale, il est plus simple et plus exact de considérer la pression réelle à laquelle travaille la machine.

h représente bien l'effort qui fait sortir l'air de la buse, mais le moteur agissant dans le cylindre et au commencement de la conduite avec un effort représenté par H, il faut augmenter tout le travail dans le rapport de H à h.

En résumé, nous aurons, et *sans tenir compte des autres frottements* très-varia-

1. Nous ne parlons pas de ceux qui sont particuliers au moteur.

bles, qui, suivant le genre de la communication de mouvement, peuvent s'élever de 1/6 à 1/12 du travail total :

1° Travail utile . . . . 142,01 $d^2 v h$ } $= 189,34 . d^2 v h;$
2° Perte d'air (1/3 du travail utile). . 47,33 $d^2 v h$ }
3° Frottements du piston . . . . . . 13,60 R h V } $= h$ V (13,60.R + 454,43.r^2).
4° Frottements de la tige . . . . . . 454,43 $r^2 h$ V }

En additionnant ces valeurs et en les augmentant dans le rapport de H à h, il vient pour le travail total :

$$T = H\ (189{,}34\, d^2 v + V\ (13{,}60\, R + 454{,}43\, r^2)\ ).\ [9]$$

En appliquant les mêmes raisonnements à la formule [7] qui donne l'effet utile en fonction du volume de l'air et de la pression, on trouverait :

$$T = H\left(\frac{173{,}82\, Q}{0{,}76 + h} + V\,(13{,}60\, R + 454{,}43\, r^2)\right).\ [10]$$

Application plus simple. — Ces expressions [9] et [10] de la valeur de la force motrice, peuvent être utiles dans certains cas ; mais il est plus commode de calculer le *travail dans le cylindre* soufflant seul, en fonction de la pression de l'air et de la vitesse moyenne du piston.

La pression dans un cylindre sans régulateur est, comme on le sait, excessivement variable; elle est nulle au commencement de la course et atteint son maximum lorsque la manivelle est au milieu ; mais avec l'aide d'un régulateur, la pression dans le cylindre peut être considérée comme égale de part et d'autre, dès que la soupape d'émission est ouverte.

La pression ne reste en dessous de cette quantité que pendant le temps qui s'écoule entre le commencement de la course et le moment où la soupape s'ouvre,

ou pendant une fraction de la course C exprimée par $\frac{CH}{0{,}76}$.

A la rigueur il faudrait tenir compte de cette variation pour évaluer le travail dans le cylindre; mais si l'on observe que sa valeur est assez minime pour des souffleries qui marchent à de faibles pressions, et que d'un autre côté les frottements acquièrent une grande importance dans celles où la pression est élevée, on pourra, ce nous semble, considérer cette manière de calculer la force motrice comme devant en donner une expression très-voisine de la vérité, plus juste peut-être que les précédentes, et recommandable surtout par son extrême simplicité :

R étant toujours le rayon du piston et V sa vitesse,

le poids dont il est chargé sera : $\pi R^2 H \times 13{,}568$

et l'on obtiendra la force motrice en chevaux-vapeur en multipliant ce produit par la vitesse, et en le divisant par 75;

ainsi l'on aura :

$$T = \frac{\pi R^2 H \times 13{,}568 \times V}{75} = 180{,}91 . \pi R^2 . V . H.\ [11]$$

Dans les cas d'une communication de mouvement très-compliquée, il serait prudent d'augmenter le résultat de 1/8 ou de 1/10 environ, mais il peut être employé seul dans tous les cas ordinaires.

Le tableau suivant indique le travail utile et la force motrice d'une soufflerie, fournissant 10 à 100 mètres cubes d'air par minute à des pressions variables depuis 0m01 jusqu'à 0m16 de mercure.

TABLE RELATIVE A L'EFFET UTILE ET A LA FORCE MOTRICE DES SOUFFLERIES A PISTON.

PRESSIONS EN MERCURE.	VOL. = 10 m^3.		VOL. = 20 m^3.		VOL. = 30 m^3.		VOL. = 40 m^3.		VOL. = 50 m^3.		VOL. = 60 m^3.		VOL. = 70 m^3.		VOL. = 80 m^3.		VOL. = 100 m^3.	
	Travail utile.	Travail du moteur.	Travail utile.	Travail du moteur.	Travail utile.	Travail du moteur.	Travail utile.	Travail du moteur.	Travail utile.	Travail du moteur.	Travail utile.	Travail du moteur.	Travail utile.	Travail du moteur.	Travail utile.	Travail du moteur.	Travail utile.	Travail du moteur.
mèt.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.	chev.
0.01	0.296	0.432	0.592	0.864	0.890	1.296	1.18	1.728	1.48	2.16	1.736	2.59	2.07	3.024	2.37	3.45	2.96	4.32
0.02	0.587	0.864	1.170	1.728	1.755	2.590	2.34	3.440	2.93	4.32	3.510	5.18	4.10	6.050	4.68	6.90	5.87	8.64
0.03	0.870	1.296	1.740	2 592	2.600	3.890	3.48	5.170	4.34	6.47	5.210	7.77	6.08	9.060	6.95	10.35	8.70	12.96
0.04	1.150	1.728	2.300	3.456	3.440	5.180	4.60	6.900	5.74	8.62	6.900	10.36	8.05	12.080	9.20	13.80	11.50	17.28
0.05	1.460	2.160	2.920	4.320	4.370	6.490	5.84	8.620	7.30	10.80	8.750	12.95	10.20	15.100	11.70	17.25	14.60	21.60
0.06	1.680	2.592	3.360	5.184	5.030	7.800	6.70	10.350	8.40	12.95	10.100	15.54	11.75	18.220	13.42	20,65	16.80	25.92
0.07	1.940	3.024	3.880	6.048	5.820	8.070	7.77	12.100	9.70	15.10	11.650	18.10	13.55	21.140	15.52	24.10	19.40	30.24
0.08	2.185	3.456	4.370	6.912	6.550	10.370	8.72	13.800	10.90	17.25	13.100	20.72	15.30	24.200	17.45	27.60	21.85	34.56
0.09	2.430	3.888	4.860	7.776	7.290	11.650	9.71	15.520	12.15	19.40	14.550	23.30	17.00	27.200	19.65	31.00	24.30	38.88
0.10	2.670	4.320	5.340	8.640	8.000	12.960	10.68	17.200	13.35	20.60	16.000	25.90	18.65	30.240	21.36	34.50	26.70	43.32
0.11	2.900	4.752	5.800	9.500	8.700	14.250	11.60	18.950	14.50	23.70	17.400	28.49	20.30	33.250	23.20	37.90	29.00	47.64
0.12	3.140	5.184	6.280	10.350	9.420	15.550	12.56	20.700	15.70	25.88	18.810	31.00	21.98	36.200	25.12	41.20	31.40	51.96
0.13	3.360	5.616	6.720	11.220	10.080	16.850	13.44	22.400	16.80	28.00	20.160	33.60	23.52	39.200	26.90	44.60	33.60	56.28
0.14	3.560	6.048	7.120	12.100	10.680	18.150	14.24	24.100	17.80	30.02	21.360	36.20	24.92	42.300	28.48	48.25	35.60	60.60
0.15	3.800	6.480	7.600	12.950	11.460	19.450	15.20	25.900	19.00	32.40	22.800	[illegible]	26.60	45.200	30.40	51.60	38.00	64.92
0.16	4.000	6.912	8.000	13.800	12.000	20.750	16.00	27.600	20.00	34.50	[illegible]	[illegible]	[illegible]	48.300	32.00	55.10	40.00	69.22

En jetant les yeux sur cette table, on reconnaît que :

1° Les nombres exprimant le travail utile en chevaux-vapeur, ont été calculés par la formule [7];

2° La force motrice a été calculée par la formule [11], en supposant

$$\pi R^2 V = 1,44 Q$$

et en faisant

$$V = 0^m 60.$$

Et on suppose en outre que l'air est à la température de 0°, et à la pression de 0m76.

DISTRIBUTION DU VENT.

Les distributions de vent comprennent les conduites d'air, depuis le cylindre soufflant jusqu'aux appareils au moyen desquels on règle son accès dans les foyers.

Conduite d'air. — Les conduites d'air doivent être parfaitement étanches, d'une réparation commode, placées de manière à ne pas gêner la circulation, et assez abritées pour se conserver aussi longtemps que le permet la matière dont elles sont faites. On satisfait à ces conditions générales en les construisant en tuyaux de *fonte* ou de forte *tôle*, posés dans des canaux souterrains assez vastes pour qu'un homme y puisse circuler et même y travailler sans trop de gêne. Dans les petites usines, on fait quelquefois les conduites en tuyaux de *fer-blanc*, soudés aux joints et suspendus à la charpente des ateliers; mais cette disposition entraîne de fréquents chômages pour cause de réparations, et donne lieu, au bout de quelques années, à des frais d'entretien supérieurs aux intérêts du capital que peut absorber l'établissement d'une conduite en fonte ou en forte tôle.

Le diamètre des tuyaux peut se calculer par la formule :

$$\text{Log. D} = \frac{\text{log. } 0,45 + \text{log. L} + 4 \text{ log. } d}{5}.$$

On obtient ainsi sa valeur en fonction du diamètre des buses, que nous supposons déterminé à l'avance par la formule que nous avons indiquée : il est essentiel, lorsque l'on emploie l'air chaud, de ne pas négliger dans l'expression de d, le terme relatif à la température.

Répartition du vent. — Il est essentiel d'éviter dans une conduite de vent les *changements de sections* qui peuvent altérer la vitesse de l'air; les élargissements la diminuent et donnent lieu à une perte de force vive; les rétrécissements l'augmentent et amènent une déperdition de pression. Les *changements de direction* ne doivent pas s'opérer à angles vifs; il faut au contraire adopter des *raccordements* en arcs de cercle, dont le rayon moyen soit au moins égal au triple de celui du tuyau.

Lorsqu'une conduite principale distribue le vent à plusieurs foyers, les tuyaux d'embranchement sont entés sur elle et raccordés comme nous l'avons dit; leur section et celle de la conduite après l'embranchement, doivent être proportionnées aux volumes de vent déviés ou maintenus, de telle sorte que la *vitesse de l'air* reste *constante* en tous les points. On satisfait ainsi tout à la fois aux prescriptions de l'art et aux exigences économiques.

Pour être maître de la répartition du vent dans les différents appareils alimentés par une soufflerie, chacun d'eux doit, autant que faire se peut, avoir sur la conduite générale un embranchement spécial, qui se subdivise en sous-embranchements pour porter le vent aux différentes buses du même foyer. Chaque embranchement porte un robinet d'air qui permet de donner ou de retirer le vent à un foyer sans interrompre la marche des autres, et chaque buse est elle-même munie d'un appareil semblable qui la rend indépendante de ses voisines.

Boîtes à vent. — Les robinets d'air prennent différentes formes : les meilleures sont celles qui sont le moins sujettes à s'user, et dans lesquelles la pression de l'air tend elle-même à rendre la fermeture parfaitement hermétique.

Raccordement des buses. — Dans les fourneaux à air froid, le *raccordement de la buse* avec le tuyau auquel est adapté le robinet d'air, se fait par une *botte en cuir*, dont la flexibilité permet de retirer ou d'avancer la buse et de l'incliner dans un sens ou dans l'autre, suivant que cela est nécessaire : cette disposition ne s'applique cependant avec avantage que dans le cas d'une faible pression ; au delà de $0^m 08$ de mercure, il est préférable d'adopter un mode de raccordement moins sujet à s'altérer, et cette mesure devient tout à fait indispensable lorsqu'on souffle à l'air chaud.

Afin de pouvoir modifier à peu de frais le diamètre des buses pendant le cours d'un fondage, on adapte à la buse proprement dite un *busillon* en tôle de faible longueur, qui en emboîte exactement l'extrémité : son remplacement s'opère dans un temps excessivement court. Le diamètre du busillon se calcule par la formule déjà citée :

$$d^2 = \frac{Q\,(1 \pm 0{,}004\,t)}{384\sqrt{h\,(0{,}76 + h)\,(1 \pm 0{,}004\,t)}}.$$

Afin de faciliter les calculs relatifs aux souffleries à piston, nous avons indiqué, dans le tableau suivant, les vitesses de l'air correspondantes aux pressions habituelles exprimées en mercure et en eau, ainsi que les poids correspondants par mètre carré de surface. Nous y avons ajouté les volumes d'air (ramenés à la température de 0° et à la pression de $0^m 76$) écoulés par des buses de diamètres variables, à des pressions et à des températures également variables (1).

1. Les nombres de ce tableau et ceux du précédent ayant été calculés au moyen de la règle logarithmique, ne sont pas tous rigoureusement exacts, mais ils le sont suffisamment pour guider un praticien à l'œuvre ; nous n'avons pas eu d'autre but.

TABLE DES VOLUMES D'AIR ÉCOULÉS EN UNE MINUTE PAR DES BUSES DE DIFFÉRENTS DIAMÈTRES

(LES VOLUMES SONT RAMENÉS A LA TEMPÉRATURE DE ZÉRO, ET A 0m76 DE PRESSION).

PRESSION à la buse en EAU.	VITESSE DE L'AIR à la température de 0°.	PRESSION par mètre carré en kilogram.	$d = 0^m040$. TEMPÉR. = 10°.	$d = 0^m040$. TEMPÉR. = 100°.	$d = 0^m050$. TEMPÉR. = 10°.	$d = 0^m050$. TEMPÉR. = 100°.	$d = 0^m060$. TEMPÉR. = 10°.	$d = 0^m060$. TEMPÉR. = 100°.	$d = 0^m070$. TEMPÉR. = 10°.	$d = 0^m070$. TEMPÉR. = 100°.	$d = 0^m080$. TEMPÉR. 10°.	$d = 0^m080$. TEMPÉR. = 100°.	$d = 0^m090$. TEMPÉR. = 10°.	$d = 0^m090$. TEMPÉR. = 100°.	$d = 0^m100$. TEMPÉR. = 10°.	$d = 0^m100$. TEMPÉR. = 100°.
mèt.	mèt.	kil.	m.cub.	m.cub.	m.cub.	m.cub.	m.cub.	m.cub.	m.cub.	m.cub.	m.cub.	m.cub.	m.cub.	m.cub.	m.cub.	m.cub.
0.135	45.03	135	3.08	2.75	4.80	4.30	6.93	6.17	9.40	8.40	12.30	11.05	15.60	13.40	19.25	17.18
0.270	63.20	270	4.38	3.91	6.85	6.11	9.90	8.82	13.40	12.00	17.50	15.70	22.30	17.65	27.40	24.46
0.406	77.02	406	5.45	4.86	8.51	7.58	12.25	10.95	16.65	14.87	21.80	19.50	27.60	21.95	34.00	30.35
0.542	88.32	542	6.30	5.64	9.95	8.84	14.25	12.73	19.35	17.28	25.35	22.70	32.00	25.50	39.70	35.35
0.678	98.75	678	7.15	6.32	11.10	9.93	16.00	14.28	21.75	19.45	28.40	25.40	36.00	28.70	44.30	39.60
0.812	106.65	812	7.85	7.00	12.25	10.95	17.70	16.20	24.00	21.30	31.40	28.08	39.80	31.60	49.15	47.75
0.950	114.71	950	8.53	7.58	13.30	11.88	19.15	17.10	26.10	23.30	34.10	30.50	43.30	34.35	53.25	47.40
1.084	121.90	1084	9.15	8.16	14.30	12.78	20.60	18.40	28.00	25.10	36.60	32.75	46.50	37.00	57.25	51.00
1.220	128.57	1220	9.76	8.70	15.30	13.62	22.00	19.65	29.95	26.75	39.00	34.90	49.50	39.40	61.15	53.36
1.356	134.69	1356	10.40	9.24	16.15	14.48	23.30	20.40	31.70	28.30	41.40	37.00	52.50	41.85	65.00	57.70
1.490	140.42	1490	10.95	9.76	17.10	15.30	24.60	21.97	33.50	30.90	43.80	39.10	55.50	44.20	68 50	61.00
1.624	145.91	1624	11.45	10.20	17.90	15.95	25.80	23.00	35.10	31.30	45.90	41.00	58.00	46.20	71.60	63.80
1.764	150.90	1764	12.10	10.74	18.80	16.80	27.00	24.00	36.80	32.70	48.00	43.00	61.00	48.30	75.25	66.80
1.900	156.00	1900	12.50	11.23	19.50	17.44	28.05	25.40	38.40	34.20	50.00	44.80	63.50	50.35	78.40	69.85
2.034	160.37	2034	13.10	11.70	20.40	18.30	29.40	26.35	40.00	35.85	52.30	46.75	66.40	52.75	82.00	73.00
2.168	164.91	2168	13.60	12.12	21.20	18.90	30.50	27.25	41.50	37.10	54.30	48.50	68.60	54.60	85 00	73.65

MACHINE SOUFFLANTE A VAPEUR

DE LA FORCE DE 60 CHEVAUX,

Par **MM. THOMAS ET LAURENS**, Ingénieurs à Paris,

Et construite par **M. FARCOT**, Mécanicien à Saint-Ouen.

(PLANCHE 17.)

MM. Thomas et Laurens sont peut-être les ingénieurs qui, de notre époque, ont fait faire le plus grand pas aux machines à vapeur, au moins dans un certain cercle, pour les usines et manufactures. Ils ont compris, des premiers, les bons résultats que l'on pouvait obtenir avec l'action directe de la puissance et les grandes vitesses de piston. C'est ainsi qu'ils n'ont pas craint, tout d'abord, d'attaquer directement les cylindres de laminoirs pour les forges à fer, en supprimant ainsi, à la fois, les lourds et nombreux engrenages, les dispendieuses transmissions de mouvement, etc.

Il en est résulté pour ces établissements des avantages notables, en ce que, d'un côté, ils obtenaient une économie considérable dans les premiers frais d'appareils, et que, d'un autre côté, pouvant marcher à volonté, à des vitesses variables suivant la nature du travail à faire, ils pouvaient, dans bien des cas, réduire les dépenses de combustible, ou fabriquer plus dans le même temps.

Pour en citer un exemple, nous devons dire qu'une forge bien connue en France avait été chargée, pour un pont en fer, d'exécuter des tôles de $9^m 50$ de longueur, d'une seule pièce, et ne devant pas avoir moins de $0^m 90$ de large sur 9 millimètres d'épaisseur. Avec une machine à vapeur horizontale, et à action directe, suivant la disposition adoptée par MM. Thomas et Laurens, les laminoirs fonctionnèrent parfaitement, sans hésitation, et fournirent sans peine ces feuilles de tôle qu'on regardait comme impossibles à fabriquer, et qu'ils n'auraient pas produites, en effet, si on les avait fait marcher avec une machine ordinaire à balancier, et avec des communications de mouvement.

On remplace donc, en définitive, par cette disposition, l'ancien et lourd matériel par des machines légères, spéciales à chaque outil, prenant leur vapeur, au besoin, à un générateur commun, et pouvant fonctionner à des détentes et à des vitesses très-variables. Une grande amélioration également apportée à ce sujet par MM. Thomas et Laurens, consiste dans l'application d'un condenseur unique pour toutes les machines, et marchant indépendamment de celles-ci. Ce condenseur et sa pompe à air à double effet reçoivent et condensent toute la vapeur provenant de chaque machine, de telle sorte que lorsqu'on met en marche, au premier coup de piston le vide ayant lieu, les machines se mettent en activité.

L'application de ce système aux papeteries paraît être aussi d'un très-heureux résultat. Ainsi, en actionnant directement les piles ou les cylindres des cuves à broyer les chiffons, on peut, suivant la nature de ceux-ci, ou suivant la quantité soumise à la fois, marcher plus ou moins rapidement. Avec les transmissions de mouvement, la vitesse de chaque cylindre, étant réglée à 180 ou 200 tours par minute, ne peut se changer aisément, tandis qu'au contraire, avec le moteur direct, on peut à volonté lui donner soit 200, soit 230, soit 250 révolutions par minute, et il ne serait pas extraordinaire qu'on pût dépasser encore cette vitesse. Il y a donc avantage pour le fabricant, qui peut ainsi faire plus de travail, et le faire mieux, en se conformant aux exigences des matières qu'il emploie.

Nous avons cité les expériences faites sur une machine à vapeur horiontale que ces ingénieurs ont fait construire chez M. Farcot, pour la ıbrique d'huile de M. Darblay jeune, à Corbeil. Les résultats obtenus sont ès-remarquables sous le rapport de la faible quantité de combustible, omme sous le rapport des variétés de vitesse et de puissance auxquelles n la soumet. Établie pour la force nominale de 30 chevaux, on lui fait ire jusqu'à 50 et 60 chevaux à la pression de cinq atmosphères.

Leur système de soufflerie que nous allons décrire et pour lequel ils se nt fait breveter en 1846, se distingue non-seulement par la communiation établie entre le piston du cylindre à vapeur et celui du cylindre ufflant, et par le mécanisme de transmission de mouvement à l'axe du olant régulateur, mais encore par l'application de la détente variable et de condensation, permettant de varier, selon les besoins, la puissance et vitesse de l'appareil, afin d'augmenter ou de diminuer à volonté la quantité d'air à injecter, et cela dans de très-grandes limites. Ces machines ont u marcher à de très-grandes vitesses sans accident.

MM. Thomas et Laurens ont fait exécuter ces divers appareils chez plueurs constructeurs; celui que nou savons gravé (pl. 17) a été construit hez M. Farcot, ingénieur-mécanicien dont nous avons déjà fait connaître les travaux.

DESCRIPTION DE LA SOUFFLERIE

REPRÉSENTÉE PLANCHE 17.

La fig. 1re représente une élévation latérale ou vue de face de la machine à vapeur, et une coupe verticale faite par l'axe du condenseur, de la pompe à air, des pompes alimentaires et du cylindre soufflant proprement dit.

La fig. 2 est un plan général vu en dessus du mécanisme de transmission de mouvement, avec une section horizontale faite par l'axe du cylindre à vapeur et du cylindre soufflant.

La fig. 3 est une coupe transversale faite par l'axe de l'appareil de condensation.

La fig. 4 est une seconde coupe parallèle, faite suivant la ligne 1-2, vers le milieu du cylindre à vapeur.

La fig. 5 est une autre coupe faite vers le milieu du cylindre soufflant, suivant la ligne 3-4.

Cette machine se distingue par sa disposition générale, qui lui permet de marcher à des vitesses et à des pressions différentes, comme par la construction entière de chacune de ses parties essentielles, qui doivent la faire préférer aux machines verticales à balancier.

APPAREIL MOTEUR.

Le cylindre moteur A est fixé par quatre boulons à l'extrémité de la plaque de fondation B, formée seulement de deux pièces réunies bout à bout, qui, à l'autre extrémité, reçoit le cylindre soufflant C. La puissance du piston à vapeur D se transmet au grand piston E renfermé dans ce cylindre, par l'intermédiaire du châssis rectangulaire en fer F, composé de quatre tringles parallèles horizontales consolidées par des entretoises et réunies par des doubles traverses F′ aux tiges respectives *a* et *b* de ces pistons. La direction rectiligne de leur marche alternative est suffisamment bien maintenue d'un bout par le coussinet *c* qui se promène entre les coulisseaux droits *d*, et de l'autre, par les coins ou coussinets *c′* qui sont appliqués aux angles opposés et glissent entre les règles ou coulisses *d′* rapportées sur les côtés intérieurs de la plaque d'assise B (fig. 2).

Le détail (fig. 6) montre la forme de ces coins et de leurs coulisses.

La machine à vapeur est à détente variable par un système de tiroir de distribution *e*, et des glissières mobiles renfermées dans la boîte en fonte G, qui est appliquée latéralement contre le cylindre moteur. Le mécanisme de cette distribution est semblable à celui que nous avons représenté et décrit avec détails, dans la cinquième livraison du IVe volume de ce Recueil; nous ne croyons donc pas nécessaire d'en donner ici une nouvelle description.

Il nous suffira de faire remarquer : 1° que la tige *f* du tiroir de distribution reçoit son mouvement de va-et-vient par le tirant d'excentrique

g dont le collier en deux pièces embrasse l'excentrique circulaire *h*, fixé sur l'arbre en fer additionnel H'; et 2° que l'on varie à volonté le degré de détente au moyen de la came renfermée à l'intérieur de la boîte G et ajustée sur le petit axe *i* que l'on fait tourner à la main par la poignée extérieure *i'*. La détente peut aussi être réglée par le modérateur à force centrifuge dont l'axe vertical *j* est commandé au moyen de la paire de roues d'angle *k* (fig. 4) et de la poulie *l*, par l'arbre moteur H qui porte la poulie *l'* (fig. 2).

La disposition de ce régulateur imaginé par M. Farcot présente des particularités très-remarquables qui en font un appareil extrêmement ingénieux que nous ferons connaître prochainement avec détails.

La vapeur arrive du générateur à la boîte de distribution G, par le tuyau I, qui renferme la valve, ou soupape d'admission *m*, que l'on manœuvre à la main; cette vapeur après avoir agi sur le piston, soit à droite, soit à gauche, et avec toute l'expansion que lui a donnée le mécanisme de détente, s'échappe, par le tuyau de sortie J, dans l'appareil de condensation que l'on voit bien sur les fig. 1 et 3.

APPAREIL DE CONDENSATION.

Cet appareil se compose, non-seulement d'une capacité cylindrique K, comme dans les machines ordinaires, mais encore d'une précédente K' qui est en communication avec la première par le tuyau incliné L (fig. 1 et 2). A la base de cette capacité K' est adapté le tube *n*, qui communique directement avec le réservoir d'eau froide, et qui se termine par la soupape conique *o* (fig. 7), reliée à la partie inférieure de la tige verticale *p* qui sort au-dessus du conduit K', et porte à son sommet une manivelle ou un petit volant que l'on fait tourner à la main.

Il en résulte que, lorsque cette soupape est ouverte, il se forme, par l'effet de l'aspiration résultant du vide, un jet d'eau qui se répand en pluie dans le cylindre K' et qui se mélange avec la vapeur au fur et à mesure qu'elle se précipite dans ce dernier : cette eau et cette vapeur se rendent de là, par le tuyau L, dans la capacité K, où la condensation se complète.

La pompe à air M, qui est renfermée dans le condenseur, se distingue aussi de celle des autres machines par la disposition de ses clapets d'aspiration *q*, appliqués à la partie inférieure et remplaçant avec avantage le clapet unique, et en outre par les soupapes coniques *r* et *r'*, dont l'une est adaptée sur le piston N, et l'autre est ajustée sur la base supérieure de la pompe (fig. 1 et 3).

Le mouvement est imprimé au piston de cette pompe par le bouton *s*, fixé en un point du disque ou plateau de fonte O, qui est rapporté à l'extrémité de l'axe additionnel H'. Sur ce bouton s'agrafe la bielle à fourche P, dont les deux branches inférieures sont adaptées par articulation à la traverse horizontale *t* qui est fixée à la pièce en fonte Q, laquelle est en forme de T afin de transmettre son mouvement alternatif non-seulement

à la tige *u* du piston de la pompe à air, mais encore aux deux pistons R des pompes alimentaires S fondues avec le support ou couvercle qui ferme en partie la cuvette du condenseur.

Tout ce système de pompe est rendu solidaire avec la plaque de fondation B de la machine, au moyen des petites colonnettes verticales T, à la base desquelles se relie le condenseur, qui de plus est boulonné par quatre oreilles au massif en maçonnerie sur lequel repose toute la machine.

TRANSMISSION DE MOUVEMENT.

On a vu que la tige du piston à vapeur est reliée par un système de châssis horizontal FF′ à celle du piston soufflant, mais de plus, cette dernière se relie aux arbres H et H′ par la grande bielle à fourche U, laquelle est assemblée, d'une part, avec la traverse qui porte la glissière *c* (fig. 1 et 2), et, de l'autre, avec le bouton qui réunit les deux manivelles en fer V.

Ainsi, le mouvement rectiligne alternatif des pistons est transformé en mouvement de rotation continu pour faire marcher le tiroir de distribution, les pompes à air et alimentaires, ainsi que le modérateur à boules, et en outre le volant régulateur en fonte qui se place sur le prolongement de l'arbre moteur H, afin de régulariser la marche de tout l'appareil. Ce volant, que nous n'avons pu figurer sur le dessin, a environ 5 mètres de diamètre extérieur.

Cette disposition a l'avantage de limiter exactement, par la longueur même des manivelles, la course des pistons, quelle que soit d'ailleurs la vitesse avec laquelle on les fait marcher.

Les paliers ou supports en fonte X, X′ qui portent les premiers tourillons des deux arbres H et H′ près des manivelles ne sont pas seulement assujétis sur la plaque de fondation B par deux forts boulons, mais sont encore reliés aux oreilles du cylindre à vapeur par les tringles en fer *v* que l'on voit très-bien sur le plan fig. 2.

APPAREIL SOUFFLANT.

Le grand cylindre soufflant en fonte C n'a pas moins de 1ᵐ60 de diamètre intérieur, et est aussi assujéti par quatre boulons sur le prolongement de la plaque d'assise B; ses deux fonds C′, également en fonte, sont disposés pour recevoir, chacun, deux séries de doubles clapets en cuir, dont les uns, x, x' (fig. 1 et 8), s'ouvrent du dehors au dedans pour donner entrée à l'air extérieur pendant l'aspiration, et les autres y, y' s'ouvrent au contraire du dedans au dehors pour donner issue à cet air quand il est refoulé par le piston E. Des tubulures z, qui communiquent avec les ouvertures de ces derniers clapets, conduisent l'air refoulé dans le canal en fonte Y qui l'amène au réservoir ou directement au haut-fourneau que la soufflerie doit alimenter.

Le piston soufflant E est en grande partie en bois, composé de deux tourteaux entre lesquels est serré un cercle à gorges qui forme la jante

proprement dite, et qui en outre est muni de chaque côté d'une garniture en cuir. Ce piston est ainsi très-léger et ne peut se déjeter malgré sa grande surface à cause du grand nombre de morceaux de bois qui le composent et qui sont placés dans différents sens; il est réuni à sa tige *b* par un disque en fonte rapporté à son centre et boulonné avec ses plateaux.

Cette tige n'est pas seulement guidée par la glissière *c* avec laquelle elle est solidaire, mais encore par les deux *stuffing-box* ménagés au centre des deux fonds C', et garnis non-seulement d'étoupes, mais encore de plusieurs petites rondelles en cuivre évidées qui laissent entre elles et autour de la tige des espaces vides formant autant de petites gorges analogues à celles pratiquées sur la circonférence du piston. Cette disposition a pour but de former une suite d'obstacles à l'air pendant la marche du piston et de fournir une fermeture très-hermétique.

Ce même appareil soufflant a été appliqué avec succès à des moteurs hydrauliques, roues de côté et turbines.

Conclusion. — Comme nous l'avons dit, la disposition particulière de cette machine permet de la faire marcher sans difficulté à des vitesses très-grandes et très-différentes, et par suite d'augmenter ou de diminuer, selon les besoins, la quantité d'air que l'on veut injecter dans le haut-fourneau. Il n'en serait pas de même des souffleries à balancier dans lesquelles on est toujours limité pour la vitesse à donner au piston.

Nous croyons devoir faire suivre la description qui précède de l'intéressante note que M. Laurens vient de présenter à la Société des Ingénieurs civils au sujet de la quantité d'air qui doit être insufflée dans les hauts-fourneaux.

Il n'existe pas, dans la pratique des forges, de données quelque peu précises et généralement adoptées, sur la quantité d'air qu'il faut injecter par les tuyères d'un haut-fourneau. Il est assez souvent résulté de cet état de choses que l'on donnait aux souffleries des dimensions exagérées. Ainsi, lorsque commença dans les forges ce grand mouvement d'extension qui s'est prolongé jusqu'à ces dernières années, il était admis qu'il fallait 1,000 à 1,200 pieds cubes de vent par minute pour un haut-fourneau au charbon de bois. On conçoit que les frais de premier établissement des soufflages, installés sur de semblables bases, fussent considérables.

Parvînt-on à déterminer d'une manière parfaitement rigoureuse le volume d'air nécessaire à l'alimentation d'un haut-fourneau, qu'il serait toujours indispensable de donner au soufflage de cet appareil un excès de puissance; mais ce n'est plus là qu'une limite facile à poser, quand on a un point de départ.

Il est donc intéressant, ne serait-ce qu'au point de vue économique, de chercher une règle qui, pour déterminer les dimensions d'une soufflerie, se base sur la quantité d'air maximum qu'il est possible d'introduire par les tuyères des hauts-fourneaux.

La règle dont nous nous servions, M. Thomas et moi, pour la construction des souffleries, reposait sur ce que nous admettions que la quantité d'air injectée par la

tuyère d'un haut-fourneau devait, au plus, atteindre celle qui était nécessaire à la conversion du carbone, chargé par le gueulard, en oxyde de carbone. Il résulte de cette donnée que le volume d'air, ramené à 0° et à la pression de 0m 76, qu'il faut insuffler par minute, est de 4mc 41 *au maximum*, par chaque kilog. de carbone solide, brûlé dans le même temps. Nous employons l'expression de carbone solide, parce que le charbon ordinaire contient, indépendamment des cendres et de l'eau hygrométrique, une certaine quantité de matières volatiles qu'une calcination prolongée peut seule expulser complétement. Ces matières volatiles, et le carbone qu'elles contiennent, doivent être défalquées dans le calcul, comme l'eau et les cendres, car elles abandonnent le charbon dans une partie du haut-fourneau où l'air ne peut agir sur elles.

En prenant un charbon de bois, moyen, contenant 7 0/0 d'eau, 2 1/2 0/0 de cendres, et 11 0/0 de matières volatiles, nous trouvons que chaque kilog. de charbon chargé au gueulard ne représente plus que 0k 765 de charbon solide. Ce chiffre nous donne 3mc 374 d'air introduit par la tuyère par chaque kilog. de charbon de la charge.

Un coke moyen, renfermant 5 0/0 d'eau, 3 0/0 de matières volatiles, 12 0/0 de cendres, nous donnerait 0k 800 de carbone solide pour chaque kilog. de coke chargé au gueulard. Nous en concluons qu'il faut 3mc 528 d'air au maximum par chaque kilog. de coke de la charge.

Nous devons faire observer que tout le carbone jeté dans un haut-fourneau n'est pas consumé, et que de sa quantité doivent être soustraites des pertes assez variables et bien difficiles, par conséquent, à estimer. Du charbon, en effet, se perd dans les laitiers; cette cause de perte varie avec le plus ou le moins de friabilité du combustible employé. Une faible partie du carbone est en outre absorbée par la carburation du fer.

D'un autre côté, le cheminement du charbon sur toute la hauteur d'un haut-fourneau donne lieu à la formation constante d'une certaine quantité de poussières ténues, qui sont expulsées en majeure partie par le gueulard. Cette formation de poussières, que provoque la constitution même de l'appareil, est une circonstance digne de remarque, qui conduira à quelque conclusion utile. Certains faits, que nous aurons l'occasion d'exposer plus tard, nous donnent à penser que ces poussières jouent un rôle, indirect il est vrai, dans la carburation de la fonte.

En faisant l'application de la donnée que nous avons précédemment établie à un haut-fourneau au charbon de bois, produisant 4,000 kilog. de fonte par jour, avec une consommation de 1,200 kilog. de charbon par tonne, on verrait que la soufflerie de ce haut-fourneau devrait lui fournir 11mc 241 de vent par minute. La soufflerie d'un haut-fourneau au coke, produisant 20 tonnes de fonte par jour, avec une consommation de 1,400 kilog. de coke par tonne, devrait projeter par les tuyères 68mc 600 de vent par minute. On a supposé dans ces calculs que la marche des hauts-fourneaux était régulière, que le soufflage était constant, et que l'air était ramené à 0° et à 0m 76.

Ces quantités de vent ne comprennent pas évidemment les pertes qui peuvent provenir du refoulement de l'air à la tuyère; celles-ci varient avec le plus ou le moins de soin que l'on met à bien disposer la buse et la tuyère; il est des circonstances où l'on a pu les évaluer à 1/4 du volume d'air projeté par la buse. Avec des tuyères fermées, il n'y a pas lieu cependant de se préoccuper beaucoup de cette cause de perte.

La plupart du temps, en établissant ses calculs avec le chiffre de 4mc 60, on pourvoira à toutes les prévisions de cette nature. Il est clair que nous ne parlons pas ici

des prévisions que pourraient faire naître les imperfections inhérentes à la machine employée, et le défaut d'entretien.

La règle que nous venons d'exposer fut déduite de la théorie des hauts-fourneaux, qui assigne à l'oxyde de carbone un rôle essentiel et capital dans les réactions produites. Cette ingénieuse théorie est restée jusqu'à ce moment ce que son savant auteur, M. Leplay, l'avait faite dès sa mise au jour : les travaux analytiques publiés depuis quelques années ne lui ont encore apporté ni modification, ni complément sur la question de la carburation.

Cette théorie, on se le rappelle, admet que l'air introduit par la tuyère produit d'abord de l'acide carbonique qui est entièrement converti en oxyde de carbone après un très-court trajet au travers de la masse en ignition. Nous remarquerons en passant qu'elle conduit à admettre aussi que ce que l'on appelle le point de fusion doit se trouver très-rapproché de la tuyère.

Comme on retrouve dans les gaz du gueulard l'azote de l'air insufflé à la tuyère, l'analyse de ces gaz devrait résoudre complétement la question dont nous venons d'examiner les éléments. Les analyses industrielles, celles que l'on fait dans un but d'application, ne présentent pas assez de précision pour donner lieu à des conclusions rigoureuses. Les autres analyses, malgré tout l'appareil scientifique dont on les a entourées, sont loin d'offrir le degré de certitude que l'on trouve dans la science ; les difficultés inhérentes au sujet sont grandes en effet.

Quoique les analyses ne soient pas d'accord entre elles, leurs résultats, cependant, ne sont point en opposition avec la proposition énoncée plus haut, touchant le volume d'air maximum nécessaire à l'alimentation des hauts-fourneaux.

La règle que nous essayons de poser pour les hauts-fourneaux s'applique également aux feux d'affinerie. Dans un remarquable travail sur les feux de forges, que les *Annales des Mines* ont publié en 1840, M. Thirria a émis cette opinion, que l'air projeté par les buses quittait le foyer de combustion de l'affinerie à l'état d'oxyde de carbone et non à l'état d'acide carbonique.

La plupart des auteurs qui ont écrit sur la métallurgie laissent penser que la combustion, presque complète, du carbone est effectuée dans les hauts-fourneaux par l'air insufflé à la tuyère, tandis qu'en réalité il ne peut y avoir au maximum, par cette cause, que conversion du carbone en oxyde de carbone ; le résultat final de l'action de l'air est donc, seulement, la demi-combustion du carbone.

En 1849, M. Richard, ingénieur métallurgiste, alors résidant à Seraing (Belgique), fit à la Société une communication importante, dans laquelle on remarque le passage suivant, qui est relatif à la quantité d'air introduite par la tuyère des hauts-fourneaux :

« Une question intéressante pour la théorie de la production de la fonte, dit cet ingénieur, est sans doute celle de la quantité d'air lancée dans le haut-fourneau. Cette quantité est portée par quelques auteurs jusqu'à 8 mètres cubes par kilogramme de combustible consommé. Ces données reposent sans doute sur des expériences faites à des hauts-fourneaux où il se perdait une très-grande quantité de vent par l'espace compris entre la tuyère et la buse. Ici, où cet espace est fermé par un cône creux et mobile, on ne trouve que 4 à 5 mètres cubes d'air par kilogramme de coke et par les mêmes formules. Cette évaluation me semble encore trop élevée, à en juger d'après des analyses de gaz.

« L'analyse suivante, que MM. Montefiore et Schmidt viennent de faire aux hauts-fourneaux d'Ougrée, dans nos environs, n'indique qu'environ 3.7 mètres cubes d'air

par kilogramme de coke. Voici la composition de ces gaz, pris à 2 mètres au-dessous du gueulard :

H	0.45
C H^2	0.31
Co	28.68
Co^2	8.64
Az	61.92
	100.00

« Le coke contenait environ 90 0/0 de carbone, et le carbone contenu dans la castine était environ de 8 0/0 de la quantité de carbone renfermée dans le coke. »

Nous devons, en terminant, faire observer que les faits cités par M. Richard viennent prêter appui à la règle que des considérations théoriques nous avaient conduits à adopter.

OBSERVATIONS.

Dans une addition à leur brevet primitif de 1846, MM. Thomas et Laurens ont indiqué des modifications apportées à leur dispositif de soufflerie, modifications qui consistent, d'une part, dans la substitution d'une disposition particulière de tiroir appliqué sur le côté latéral du cylindre soufflant, aux soupapes ou clapets qui étaient jusqu'alors adoptés dans ces sortes d'appareils pour l'entrée et la sortie de l'air, et de l'autre dans l'agencement de la pompe à air qui se trouve dans une direction inclinée et à double effet, au lieu d'être verticale.

Le tiroir de distribution laisse entrer l'air extérieur alternativement à l'une et à l'autre extrémité du cylindre par chacun des deux orifices qu'il découvre successivement, et lui permet de sortir, quand il est refoulé par le piston, par son canal intérieur qui communique constamment avec une ouverture centrale débouchant au conduit commun qui l'amène au réservoir ou au foyer du haut-fourneau.

Le piston de la pompe à air à double effet recevant son mouvement de l'arbre coudé qui est commandé par la bielle et la tige des pistons, marche à la même vitesse que ces derniers, que les auteurs ne craignent pas de faire mouvoir selon les besoins, à raison de 100 à 150 révolutions par minute, ce qui permet de réduire notablement les dimensions des pièces de la machine pour une puissance donnée comparativement à celles des machines soufflantes ordinaires qui fonctionnent à la vitesse normale de 1 mètre par seconde.

En 1847, MM. Derosne et Cail, de concert avec MM. Laurens et Thomas, se firent breveter pour un système de soufflerie à vapeur, qu'ils appellent aspirante et foulante à action directe.

Ce système est également horizontal, ainsi que la pompe à air qui se trouve placée sous le cylindre à vapeur. Celui-ci se trouve très-proche du cylindre soufflant proprement dit dont il n'est séparé que par une double boîte à étoupes. Une tige est commune aux pistons de ces deux cylindres et se prolonge même en dehors de chacun d'eux afin d'être bien guidée,

comme on l'a vu précédemment dans la machine de M. Cadiat, et de transmettre par une bielle le mouvement du piston à vapeur à la manivelle montée sur l'arbre de couche du volant, lequel se trouve ainsi en dehors et tout à fait à l'extrémité de l'appareil.

Le piston de la pompe à air reçoit son mouvement d'un balancier vertical qui oscille par son extrémité inférieure et qui est commandé du haut par la traverse de jonction de la bielle et du piston à vapeur.

Cette disposition est analogue à celle de la machine horizontale à grande détente, que nous avons vue chez M. Darblay, et adoptée par cet habile manufacturier sur les propositions de MM. Thomas et Laurens.

On a remarqué par la notice que nous avons insérée précédemment (page 249), que cette machine est susceptible de fonctionner à des puissances très-différentes depuis 30 jusqu'à 60 chevaux et plus, en détendant à 1/20, à 1/15 ou à 1/12 de la course du piston.

Le diamètre intérieur de son cylindre est de 0m70.

La course du piston de 1m20.

Et à la vitesse moyenne, le nombre de révolutions est de 40 par minute.

Elle fait mouvoir une huilerie importante dont les appareils ont été construits dans les ateliers de M. Lecointe, de Saint-Quentin. On en verra sans doute le détail avec intérêt.

HUILERIE DE M. DARBLAY.

Cette huilerie se compose des appareils suivants :

1° Un comprimeur à cylindres en fonte, de 0m 325 de diamètre, et 0m 65 de table, marchant à la vitesse de 70 à 75 révolutions par minute ;

2° Trois fortes paires de meules verticales en granit de 2 mètres de diamètre, et 0m50 d'épaisseur, tournant à la vitesse de 18 à 20 révolutions par 1′ ;

Dans ces meules, le *froissage* pour les graines de colza se fait en 4 minutes, en opérant au moins sur 100 kilog. de substance à la fois, et le *rebat* a lieu en 8 minutes sur 75 à 80 kilog. seulement.

3° Huit presses horizontales doubles, dont trois sont particulièrement destinées à la première opération, le *froissage*, et les cinq autres au rebat.

Les premières contiennent quatre sacs qui, après le froissage, donnent des tourteaux réduits à 3 centim. d'épaisseur et pesant chacun 4 kilog.

Les secondes en contiennent huit, qui après le rebat réduisent les tourteaux à 1 centim. d'épaisseur et le poids à 1 kilog.

4° Deux jeux de 4 pompes d'injection, disposées sur deux bâtis séparés pour alimenter la presse.

5° Huit chauffoirs à vapeur, dont les axes verticaux portent chacun quatre palettes obliques, tournant à la vitesse de 35 à 40 révolutions par minute.

L'activité et l'organisation du service sont telles dans cet établissement que l'on y fabrique par journée de 24 heures, avec deux escouades d'ou-

vriers qui se changent toutes les 8 heures, 100 à 120 quintaux métriques d'huile, soit 10 à 12,000 kilog., c'est-à-dire que l'on y écrase 400 à 450 hectolitres de graines, en estimant, d'après M. Lecointe, qu'il faille 3,75 à 3,80 hectolitres de graines de colza par 100 kilog. d'huile obtenue.

NOTICE SUR LES MACHINES SOUFFLANTES.

SOUFFLERIES A GRANDE VITESSE.

Il y a peu de temps un mémoire a été lu à la Société des Ingénieurs civils de Londres par M. State, qui attira l'attention de l'assemblée sur les divers changements apportés successivement dans la construction des machines soufflantes.

Les anciennes souffleries, dit-il, avaient généralement 3 cylindres à simple effet, dont les pistons recevaient leur mouvement d'un axe coudé actionné par une roue hydraulique. On obtenait de cette manière une pression d'air qui paraissait être assez uniforme.

On sait que la plus grande partie de ces machines étaient construites en bois ; les cylindres et les pistons avaient la section carrée, on en trouve encore dans certaines contrées de la France et particulièrement dans le Midi, en Espagne ou ailleurs, où l'on paraît les préférer aux machines à cylindres en fonte comme étant d'une construction beaucoup plus économique et surtout d'un entretien et d'une réparation très-faciles.

Lorsque vinrent les perfectionnements de la machine à vapeur et en même temps les besoins toujours croissants de l'industrie manufacturière, on pensa à disposer les appareils de soufflerie suivant les modèles mêmes des moteurs à vapeur. Déjà les régulateurs à eau étaient appliqués aux machines soufflantes à simple effet de Newcomen et restèrent longtemps adoptés, même après l'emploi des machines de Watt à double effet.

Ce fut un premier perfectionnement apporté dans les souffleries que la suppression complète de ces régulateurs à eau ; on avait reconnu en effet que l'air qui est toujours imprégné d'une certaine humidité en absorbait encore une quantité considérable par son passage au-dessus de la surface de l'eau, ce qui est évidemment nuisible à la bonne combustion dans les foyers qu'il doit alimenter.

On imagina alors d'employer d'immenses réservoirs d'air d'une capacité 30 à 40 fois plus grande que celle des cylindres et dans lesquels l'élasticité du gaz comprimé agissait comme régulateur à la sortie.

Un dernier perfectionnement, ajoute l'auteur de la note, et qui a été proposé il y a une quinzaine d'années, était d'accoupler deux machines à vapeur à double effet avec deux cylindres soufflants également à double effet; on obtint bien, dit-il, une sortie d'air assez uniforme, mais on avait toujours besoin de grands tuyaux de sortie pour obtenir un effet satisfaisant.

Là s'arrêtèrent les perfectionnements des machines soufflantes qui

avaient encore l'inconvénient d'être d'une construction compliquée et dispendieuse; l'air, dit l'auteur, ce gaz si élastique, ne pouvait pas être plus comprimé en passant par les ouvertures des soupapes que l'eau qui n'est pas compressible; il reconnaît donc qu'il y a encore beaucoup à faire sur ce sujet, quoique d'ailleurs on se soit appliqué avec beaucoup de talent à y apporter des améliorations.

M. State observe qu'ayant eu l'occasion, vers la fin de 1848, de faire marcher quelques petits cylindres de 23 centimètres de diamètre par l'air d'un grand cylindre soufflant, il obtint une vitesse de 200 tours et plus par minute sur l'axe coudé actionné par les pistons de ces cylindres; cette grande vitesse lui donna l'idée de faire le contraire, c'est-à-dire d'aspirer l'air par les petits cylindres au lieu de l'y faire refouler; il trouva après quelques réflexions que l'ouverture du milieu devait être beaucoup plus grande, et alors il donna au tiroir de distribution une avance considérable qui atteignait presque la moitié de la course; avec cette modification il obtint de bons résultats.

Au cylindre de 0^m228 de diamètre et 0^m305 de course, il appliqua un tuyau de sortie de 0^m0285 de diamètre, c'est-à-dire ayant une section égale à $1/64^e$ de la surface du piston soufflant, et il fit marcher l'appareil à la vitesse de 300 révolutions par minute, ce qui correspond à 3^m25 par seconde; et la pression étant de 0^k245 par centimètre carré.

L'auteur fait remarquer que, tandis que dans les grandes machines soufflantes on éprouve de grandes secousses et beaucoup de bruit, on n'en ressentait nullement avec son système à cylindre réduit, malgré la vitesse considérable imprimée à leurs pistons. Il croit pouvoir sans inconvénient pousser cette vitesse de 3^m25 à 3^m80 par seconde, en mettant la course du piston à 0^m60. Cette vitesse de 3^m80 est encore, dit-il, au-dessous de celle des pistons à vapeur des locomotives, laquelle dépasse souvent 4 mètres par seconde.

Dans la disposition proposée par M. State, la tige des pistons à vapeur est la même que celle des pistons soufflants; elles communiquent chacune leur mouvement par des bielles à un arbre coudé dont les extrémités portent des petites manivelles qui font mouvoir par de longues tringles les tiroirs de distribution appliqués sur les côtés latéraux des cylindres soufflants à la place des soupapes ou des clapets que l'on applique ordinairement. Il y a alors pour chaque cylindre trois lumières dont l'une, celle du milieu, est destinée à l'aspiration de l'air extérieur, et les deux autres servent de sortie en mettant les extrémités du cylindre soufflant en communication avec le canal qui se rend au réservoir commun. Ces dispositions compliquées sont différentes de celles que nous avons décrites précédemment.

L'auteur propose de régler la vitesse de la machine par un régulateur hydrostatique analogue à ceux appliqués dans les usines à gaz. Ce genre de régulateur a été appliqué en France il y a plus de quinze ans, et abandonné depuis pour ses nombreux inconvénients.

APPAREIL A CHAUFFER L'AIR

AVEC

LES GAZ PERDUS PROVENANT DES HAUTS-FOURNEAUX,

Par MM. THOMAS et LAURENS,

INGÉNIEURS CIVILS, A PARIS,

(PLANCHE 18.)

Depuis longtemps déjà MM. Thomas et Laurens se sont occupés d'utiliser les gaz provenant des hauts-fourneaux, soit pour servir à chauffer des chaudières à vapeur, comme nous en avons indiqué l'application dans le IIe volume de ce Recueil, soit pour alimenter des fours à puddler, des fours à réchauffer, etc. Un des grands perfectionnements apportés dans ces applications consiste dans le transport de ces gaz à des distances quelconques, et dans la facilité de les enflammer près des appareils à chauffer, de sorte que l'on n'est pas dans l'obligation de placer ces appareils près du gueulard, mais on peut au contraire les laisser sur le sol de l'usine aux lieux mêmes qu'ils doivent occuper.

L'idée du transport des gaz éteints forme la base du brevet de M. Robin, ancien directeur des forges de Niederbronn, dont les droits sont aujourd'hui reportés à MM. Thomas et Laurens. Dans les brevets successifs, dus à ces derniers, on trouve divers dispositifs propres à brûler les gaz éteints, divers appareils de prise de gaz, parmi lesquels nous signalerons la fermeture hydraulique, des gueulards, employés sur un grand nombre de hauts-fourneaux, et enfin le gazogène, qui convertit en gaz inflammables les fraisils, les tourbes et tous autres combustibles.

On comprend que, dans de telles opérations, la question intéressante est d'utiliser les gaz perdus le mieux possible. Pour cela, il faut arriver à les brûler complétement, et surtout à les recueillir commodément sans nuire au chargement et à la bonne allure du haut-fourneau. C'est ce à quoi ces habiles ingénieurs sont parvenus avec les appareils perfectionnés qu'ils ont imaginés et qui se sont répandus dans un grand nombre d'usines à fer.

Très-fréquemment ils ont employé les gaz perdus à chauffer l'air qui doit alimenter les hauts-fourneaux eux-mêmes. Ainsi, l'air envoyé par la soufflerie est obligé de traverser les cylindres chauffés par ces gaz avant de se rendre au foyer du haut-fourneau. Pris dans l'atmosphère à la température moyenne de 10 à 12 degrés, il arrive dans ce dernier à une température qui peut être de 2 à 300 degrés et plus, ce qui facilite, comme on l'a reconnu, la fusion du minerai et rend par suite l'opération plus rapide, tout en diminuant la consommation du combustible.

L'appareil que nous avons représenté, pl. 18, a été exécuté dans ce but; il est d'une construction fort simple et d'une disposition très-avantageuse pour le chauffage de l'air. En effet, pendant que les gaz enflammés lèchent la surface extérieure des cylindres dans lesquels l'air doit circuler, celui-ci se trouve ralenti dans sa course et divisé à chaque instant de son parcours par une sorte de dentelure qui porte la chaleur dans sa masse et qui est ménagée à l'intérieur de ces cylindres.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL

REPRÉSENTÉ PLANCHE 18.

La fig. 1 représente une coupe verticale de cet appareil de chauffage, faite suivant la ligne 1-2 du plan.

La fig. 2 en est une section transversale suivant la ligne 3-4.

La fig. 3 montre un plan général vu en dessus des cylindres, et une coupe horizontale du fourneau faite à la hauteur de la ligne brisée 5-6-7-8 de la fig. 2.

La fig. 4 est un fragment de section transversale faite suivant la ligne 9-10 du plan fig. 3.

Et enfin, la fig. 5 est une projection extérieure vue à l'un des bouts de l'appareil.

Distribution des gaz perdus. — On peut voir, par les fig. 1, 2 et 5, que les gaz provenant du haut-fourneau et qui sont, comme nous l'avons dit, amenés du gueulard jusque vers le sol de l'usine, arrivent à la partie supérieure de l'appareil par le tuyau en tôle ou en fonte A, lequel se prolonge et se bifurque suivant les besoins et se termine par deux tubulures verticales et rectangulaires B, qui renferment chacune une valve régulatrice *a*. Cette valve s'ouvre et se ferme à la main, au moyen de la poignée extérieure *b*, afin d'établir ou d'interrompre la communication du tuyau avec les boîtes ou coffres C, d'où les gaz doivent passer dans l'intérieur du four, en s'enflammant par le contact de courants d'air atmosphérique.

Cet air qui s'introduit aussi dans es mêmes boîtes lorsqu'on ouvre les registres ou couvercles à poignée *c*, disposés au-dessus (fig. 1, 2 et 6), est obligé de traverser l'espèce de grille inclinée *d*, que l'on voit bien sur les détails fig. 7 et 8, lesquelles sont deux coupes de cette partie, dont l'une

verticale, est faite suivant la ligne 11-12, et l'autre, horizontale, suivant la ligne 13-14 (fig. 1).

Des regards *e e'* sont ménagés soit sur les côtés latéraux des tubulures, soit à l'extrémité des coffres, pour permettre d'en visiter l'intérieur et de les nettoyer au besoin. D'autres regards analogues *f, f'* et f^2 sont également ménagés aux deux extrémités du fourneau pour remplir le même but. Ces regards ont leur bouche en fonte et portent des couvercles en fonte qui forment des clapets à charnière, afin de jouer le rôle de soupapes de sûreté.

CYLINDRES A CHAUFFER L'AIR. — Les gaz enflammés à la partie inférieure des coffres C descendent par des conduits verticaux D, dont les parois intérieures sont en briques réfractaires, et parcourent toute la longueur des capacités E, E' en léchant toute la surface extérieure des deux cylindres de fonte F, F'.

Ces cylindres présentent une construction toute particulière, leur surface extérieure est parfaitement unie, mais leur paroi intérieure est garnie d'aspérités, c'est-à-dire d'espèces de dents saillantes qui, comme on le voit par les détails (fig. 9 et 10), changent de directions de distance en distance, afin de former une foule d'obstacles et par suite de forcer l'air qui doit les parcourir à se détourner, se ralentir et se diviser à chaque instant.

Cet air arrive de la machine soufflante par le tuyau G, qui se prolonge de la quantité nécessaire et qui est muni de deux tubulures ou tubes coudés H, afin de le conduire soit dans l'un soit dans l'autre des cylindres. Ces tubes sont, à cet effet, munis de valves ou clapets tournants *h* que l'on manœuvre à la main, pour établir ou fermer la communication à volonté. L'air injecté par la soufflerie pénètre donc à l'une des extrémités des cylindres, et comme les auteurs ont eu le soin de remplir leur partie centrale par les espèces de tampons ou de bouilleurs cylindriques I, qui sont complétement fermés, on conçoit sans peine que cet air est obligé de lécher constamment la paroi intérieure de ces cylindres et la surface de leurs dentelures, de sorte qu'on peut être assuré qu'il est réellement chauffé dans toutes ses parties.

Comme il arrive de droite à gauche pendant que les gaz enflammés viennent dans la direction contraire, il rencontre naturellement des surfaces de plus en plus chaudes et acquiert ainsi une température qui s'augmente graduellement jusqu'à l'autre extrémité des cylindres, d'où il sort à 300° au moins par les tubes H', qui, munis également des valves *h'*, le conduisent au canal G', et de là aux buses du haut-fourneau.

Les gaz qui marchent dans le sens opposé se rendent à la courte cheminée J, après avoir parcouru toute la longueur du fourneau par les carneaux K, qui descendent sous le sol et se prolongent en se bifurquant jusqu'au conduit L, qui communique avec la partie inférieure de la cheminée.

Une grande valve en fonte *k*, que l'on peut manœuvrer du haut par sa ;e prolongée, est rapportée dans chacun de ces carneaux K, soit pour les rmer entièrement, soit pour régler le passage des gaz brûlés. Lorsque ın des fours seulement est en activité, on ferme la communication de urs carneaux par le registre additionnel *l* qui les sépare. Ce registre *l* t également fermé quand le foyer à gaz de chaque tube fonctionne; ›rs, chaque four est en communication directe avec la cheminée. Quand ı ne chauffe que par un seul foyer à gaz et que l'autre est fermé, on ıvre le registre *l*, on manœuvre convenablement les valves *k*, et la ımme, après avoir parcouru un des fours, parcourt le second avant de se ndre à la cheminée : c'est à cette possibilité d'une double circulation de flamme que servent les carneaux K′.

Sur les faces antérieures et postérieures du four de chaque tube, il y a s clapets à charnière qui servent au nettoyage si utile des tubes et rment soupapes de sûreté; les appareils se nettoient très-facilement et nauffent ainsi avec une grande régularité.

Pour mettre le four en train, il est utile d'enflammer les gaz à l'aide de ›peaux ou de paille que l'on introduit par l'une ou l'autre des deux ou-ertures latérales M et que l'on ferme par une porte en tôle ou en fonte isposée d'une manière analogue aux clapets des regards *f* (voyez fig. 4).

Nous n'avons pas besoin d'observer que les cylindres chauffeurs sont ipportés dans l'intérieur du four par de simples tasseaux en briques fractaires qui n'empêchent pas la flamme de circuler sur toute leur sur-ıce extérieure. Ils portent aussi par leurs tubulures extrêmes sur les deux ›tes de leur four, que l'on peut démolir aisément quand on veut sortir les ylindres et tout ce qui en dépend.

Les voûtes et les parois intérieures de chaque four sont nécessairement ı briques ou en terres réfractaires, afin de résister le plus longtemps ossible à la haute température qu'ils éprouvent. Ils sont consolidés à extérieur par les montants en fonte à nervures *m*, qui se relient de deux n deux au moyen de tirants en fer *n*, comme dans les fours à puddler et réchauffer.

CONSTRUCTION DES MACHINES.

PROPORTIONS DES MANIVELLES MOTRICES

POUR LES MACHINES A VAPEUR,

PAR

M. ARMENGAUD aîné, Ingénieur à Paris.

(PLANCHE 19.)

On sait que dans les machines à vapeur, la manivelle est un organe destiné à transmettre par l'intermédiaire d'une bielle, la puissance du piston à l'arbre moteur qui doit communiquer le mouvement aux divers appareils de l'usine. Les manivelles sont tantôt en fer et tantôt en fonte; elles se composent de trois parties distinctes : le *moyeu*, le *corps* et *l'œil*.

Les dimensions du moyeu dérivent tout naturellement de celles du tourillon de l'arbre moteur, et celles de l'œil du bouton qui assemble la manivelle avec la bielle. Les dimensions du corps qui réunit le moyeu à l'œil sont en rapport avec ces deux parties.

Nous avons cherché à établir les proportions qui doivent exister entre les différentes parties des manivelles pour machines fixes et pour machines de navigation, en prenant pour base des calculs le diamètre du tourillon de l'arbre moteur et celui du bouton. Par conséquent, lorsque l'on connaît ces deux diamètres et le rayon de la manivelle, c'est-à-dire la distance du centre de l'arbre au centre du bouton, on pourra toujours, au moyen des règles pratiques que nous avons tâché de rendre le plus simples possible, connaître les dimensions de chacune des parties de cette manivelle.

Les arbres, sur lesquels les manivelles sont montées, sont en fer corroyé ou en fonte : on doit nécessairement en tenir compte dans les proportions à adopter. Il arrive aussi que les manivelles sont accouplées comme dans les appareils de marine, les dimensions de chacune diminuent alors dans de certaines limites.

DIAMÈTRES DES TOURILLONS D'ARBRES PREMIERS MOTEURS.

.es manivelles exercent, sur les arbres qui les portent, des efforts de sion considérables. Aussi, dans les machines à vapeur, ces arbres, apés *premiers moteurs*, sont calculés pour avoir des dimensions beaucoup s fortes que celles correspondantes aux charges qu'ils doivent suppor-, étant considérés comme soumis aux plus grands efforts de torsion.

Nous avons donné dans le 1er volume de ce Recueil, la formule de Buıman, pour calculer le diamètre d'un tourillon d'arbre en fonte premier ›teur, et qui revient à celle-ci :

$$D = \sqrt[3]{\frac{C}{N} \times 6859} \quad [1]$$

ns laquelle D représente le diamètre du tourillon en centimètres ;
C, la force en chevaux de 75 kilogrammètres par seconde ;
N, le nombre de révolutions de l'arbre par minute.

On voit que cette formule conduit à la règle suivante :

Pour trouver le diamètre du tourillon d'un arbre en fonte portant la mavelle d'une machine à vapeur, on divise la force en chevaux de cette maine par le nombre de révolutions de l'arbre; on multiplie le quotient par coefficient 6859, *puis on extrait la racine cubique du produit.*

On se rappelle que le nombre 6859 a été trouvé par le cube de 19, qui t le diamètre en centimètres d'un arbre en fonte correspondant à la force une machine à vapeur de 20 chevaux, marchant à la vitesse de 20 révotions par minute,

ce qui par suite fait $\frac{C}{N} = 1.$

Pour les tourillons des arbres en fer, il suffit de remplacer le coefficient 59 par celui 4096, et alors la formule devient

$$D = \sqrt[3]{\frac{C}{N} \times 4096.} \quad [2]$$

Comme nous avons toujours eu pour but d'éviter autant que possible ›ur les constructeurs les pertes de temps, par des calculs longs et fastieux, nous cherchons à remplacer les formules soit par des tables toutes ites, comme celles insérées à ce sujet dans le tome 1er, soit par des bleaux graphiques ou des diagrammes qui ont l'avantage de donner à remière vue et sans peine les dimensions dont on a besoin. C'est ainsi ne pour les tourillons des arbres premiers moteurs en fer ou en fonte, ous avons indiqué (fig. 1re, pl. 19), un tracé géométrique qui donne les iamètres de 1 à 10 chevauxet de 10 à 100 chevaux, en variant suivant la itesse ou le nombre de révolutions par minute.

La construction de ce tableau que nous voudrions voir appliqué dans

tous les ateliers de construction, est bien facile à comprendre; il suffit de tirer une abscisse ou ligne horizontale AB, dont les divisions devront représenter les vitesses et les nombres de révolutions par minute, puis une ordonnée ou ligne verticale BC, que l'on divise en parties égales (de 1 à 100 par exemple) pour représenter le nombre de chevaux ou la force nominale de la machine.

On a vu, par les formules qui précèdent, que les diamètres sont directement proportionnels à la puissance, mais en raison inverse de la vitesse. Si donc pour représenter le nombre de chevaux la ligne BC est divisée en parties égales de 1 à 10 pour de petites machines, ou de 1 à 100 et plus pour de grandes machines, la ligne AB devra être au contraire divisée en parties inversement proportionnelles au nombre de révolutions.

Ainsi, en admettant que nous prenions le milieu de AB pour représenter la vitesse de 10 tours par minute, ce qui suppose que le point B répond à celle de 5, la vitesse 20, qui est double de 10, se trouvera au quart de cette ligne,

$$\text{c'est-à-dire à la moitié de } \frac{AB}{2},$$

et par suite le nombre 40 qui est 4 fois plus grand,

$$\text{correspondra à la moitié de } \frac{AB}{4}, \text{ soit au } 1/8 \text{ de } AB,$$

et ainsi de suite.

De chacun des points ainsi déterminés, on élève donc des perpendiculaires à la droite AB, afin de représenter les vitesses successives 6, 7, 8, 9, [illegible] 12, 15, 20, etc., jusqu'à 50, 60 et plus.

Cela posé, nous supposons que l'on ait formé d'après les racines cubiques des nombres successifs 1, 2, 3, 4, etc., multipliés par les racines 16 et 19 des coefficients 4096 et 6859, les deux courbes BE et BI, en prenant pour unité une longueur quelconque, et en la portant sur la ligne horizontale CF′ autant de fois qu'on le juge convenable pour représenter (comme le montre la fig. 1re) le diamètre des tourillons en centimètres; et à chacun des points de divisions de cette ligne CF′, on trace une suite d'ordonnées ou de lignes verticales que l'on descend jusque sur les courbes ou jusqu'à la première droite AB.

Cela fait, il devient facile de trouver d'après ce tracé le diamètre du tourillon de l'arbre d'une machine donnée :

Soit, par exemple, une machine de 4 chevaux devant marcher à la vitesse de 25 révolutions par minute; quel est le diamètre à donner au tourillon de son arbre moteur en fer forgé (le tourillon situé du côté de la manivelle)?

En examinant le tracé, on remarque que la verticale passant au point 25 de la ligne AB, rencontre au point *o* la droite angulaire A4, correspondant à la force donnée; or, si de ce point on imagine une ligne horizontale

oo, son intersection avec la première courbe BF donne le point *c*, dont la distance à l'ordonnée BC représente le diamètre cherché.

Cette longueur peut se voir sur la droite CF, en supposant la verticale élevée du point *c* prolongée jusqu'à cette ligne. Ainsi, elle est comprise entre 8 et 9, mais plus près de ce dernier, soit approximativement 86 millimètres. Au lieu de tirer la verticale, on peut prendre avec le compas la distance du point *c* à l'ordonnée BC, et la reporter sur CF, ou sur un mètre, si on a fait le diagramme de grandeur naturelle.

Il est évident, d'ailleurs, que si au préalable on a couvert le tableau de lignes verticales et horizontales suffisamment rapprochées, comme on le fait sur les papiers quadrillés en millimètres ou en doubles millimètres, on n'a la peine de tracer aucune ligne pour chaque opération.

Si l'arbre devait être en fonte au lieu d'être en fer, on trouverait que la ligne horizontale passant par le point d'intersection *o*, rencontrant la seconde courbe BI au point *c'*, donnerait environ 103 millim. pour le diamètre de son tourillon correspondant à la même force de 4 chevaux à la vitesse de 25 tours.

Pour faire servir le même tableau à des forces supérieures à 10 chevaux, de 10 à 100, par exemple, on pourrait (afin de ne pas occuper une trop grande hauteur sur le papier) tracer deux autres courbes analogues BF' et BI', en admettant alors que les divisions faites sur la ligne BC représentent 10, 20, 30, 40 chevaux, etc., au lieu de 1, 2, 3, 4, etc.

Exemple. — Soit à déterminer le diamètre des tourillons d'un arbre en fer ou en fonte pour une machine de 40 chevaux marchant à la vitesse de 25 révolutions par minute.

On trouve naturellement le même point d'intersection *o* entre la ligne verticale élevée du point 25 et l'oblique A4 qui correspond à la force donnée. Or, la ligne horizontale tirée de ce point *o* coupe les deux courbes BF' et BI', en F' et en I'.

Les distances de ces points à la droite BC donnent les diamètres cherchés qui se lisent en haut du tableau sur la ligne FC'. Ces diamètres sont 186 millim. pour le tourillon en fer, et 222 millim. pour le tourillon en fonte.

On comprend sans doute qu'en faisant le tracé en grand, comme nous l'avons fait nous-même sur le tableau d'étude, on peut représenter toutes les proportions depuis 1 jusqu'à 200 chevaux et plus, en employant seulement deux courbes telles que celles BE et BI qui seraient alors prolongées jusqu'au chiffre le plus élevé. Cependant comme on pourrait être entraîné à employer une surface de papier trop grande, il sera sans doute préférable dans bien des cas de tracer quatre courbes, dont deux correspondraient au diamètre des tourillons pour 1 à 10 chevaux, et les deux autres à celui des tourillons pour 10 à 100 ou à 200 chevaux.

Il est évident que quelles que soient les données, c'est-à-dire la force et la vitesse de la machine à construire, le problème pour la détermination

du diamètre des tourillons devient, à l'aide de ce tableau graphique, aussitôt, pour ainsi dire, résolu que posé.

Soit encore, par exemple, une machine de la puissance nominale de 80 chevaux, dont l'arbre moteur doit tourner à la vitesse moyenne de 15 révolutions par minute !

On trouve que la ligne verticale élevée du point 15, pris sur la ligne AB, coupe la ligne oblique A8 qui correspond à la force donnée 80, au point o', et que la ligne horizontale tirée de ce point rencontre les deux courbes BF′ et BI′ en n et n', ce qui donne 279 et 332 millim. pour les diamètres cherchés des tourillons en fer forgé et en fonte.

Si, pour la même force, la vitesse devait être de 40 révolutions au lieu de 15, on trouverait que les diamètres seraient seulement de 200 et 240 millimètres environ.

On voit donc combien il est intéressant de posséder un tel tracé qui a l'avantage de résoudre la question dans tous les cas, sans peine, sans calcul et avec la plus parfaite exactitude. Quoique le tableau graphique soit exécuté ici à une petite échelle, on trouve cependant les résultats avec assez d'approximation, à plus forte raison si on le traçait à une grande échelle, de manière à rendre les lignes et les divisions beaucoup plus apparentes.

BOUTONS DE MANIVELLES.

On sait que les boutons rapportés dans l'œil des manivelles, sont presque toujours actuellement en fer corroyé. On en a fait en fonte, surtout dans les machines à basse pression de Watt ; mais aujourd'hui que les appareils sont généralement à détente, il ne serait pas prudent de choisir ce métal ; il est préférable d'adopter le fer forgé.

Les diamètres de ces boutons sont calculés comme étant soumis à des efforts de pression qui s'exercent perpendiculairement à leur axe.

Suivant un auteur anglais, M. Roberston, on détermine pratiquement dans les machines à balancier du système de Watt, le diamètre du bouton de la manivelle par la formule :

$$d = 3{,}2\sqrt[3]{\frac{18}{14}\times Q},$$

dans laquelle d représente le diamètre en centimètres,

Et Q, la charge totale supportée par l'axe, en quintaux métriques.

Cette formule est analogue à celle adoptée par le même ingénieur, pour es tourillons des axes extrêmes du balancier, où l'on a

$$d' = 3{,}2\sqrt{\frac{9}{14}\times Q}.$$

Seulement on remarque, dans ce cas, que le coefficient 9/14 est moitié, parce que la charge est répartie sur les deux tourillons, tandis qu'elle est entière sur le bouton de la manivelle.

C'est-à-dire, en d'autres termes, que la proportion qui existe entre le diamètre des tourillons du balancier et celui du bouton de la manivelle est

comme $$1 : \sqrt[3]{2}, \text{ ou } d = d' \sqrt[3]{2} = 1{,}26\, d'.$$

Ainsi, d'après cette formule, si on suppose que la pression totale sur le bouton en fer d'une manivelle soit de 3,600 kilo. ou 36 quintaux métriques, on a pour le diamètre de ce bouton :

$$d = 3{,}2 \sqrt[3]{\frac{18}{14} \times 36}$$

$$\text{ou } d = 3{,}2 \times 3{,}587 = 11^{c}48,$$

$$\text{soit } d = 115^{m}/_{m}$$

Si la pression était de 9,500 kil. ou 95 quintaux, on aurait :

$$d = 3{,}2 \sqrt[3]{\frac{18}{14} \times 95}$$

$$\text{ou } d = 3{,}2 \times 4{,}96 = 15^{c}87,$$

$$\text{soit } d = 159^{m}/_{m}$$

Dans la première section du Traité des Machines à vapeur traduit de l'*Artizan club*, par MM. Bataille et Julien, le diamètre du bouton de la manivelle est déterminé par la formule :

$$d = 0{,}107 \times \sqrt[2]{P \times D},$$

d, exprimant le diamètre en centimètres,

P, la pression effective sur l'unité de surface du piston,

Et D, le diamètre du cylindre.

Dans *l'Aide Mémoire* de M. Morin, l'auteur estime que l'on peut sans crainte charger le bouton d'une manivelle de 50 kil. par centimètre carré, par conséquent, si la pression était de 10,000 kil., la section du bouton devrait être de 200 centimètres carrés, ce qui correspond à un diamètre de 16 centimètres environ.

Nous avions dû également adopter à ce sujet la formule :

$$d = 1{,}4 \sqrt{P} + 5^{m}/_{m}.$$

dans laquelle d représente le diamètre en millimètres;

P, la pression totale en kilogrammes,

et $5^{m}/^{m}$ à ajouter au diamètre pour l'usure.

En comparant ces différentes règles avec les dimensions adoptees en pratique dans un grand nombre de bonnes machines, nous avons reconnu qu'elles n'étaient généralement pas suivies d'une manière rigoureuse, soit parce que dans certains cas elles donnent des dimensions trop fortes, soit au contraire parce qu'elles donnent dans d'autres des dimensions trop faibles.

On se rappelle que nous avons exposé dans le IIe volume de ce Recueil, après le calcul et les proportions des roues hydrauliques à augets, une règle très-simple, au moyen de laquelle on détermine pratiquement le diamètre à donner aux tourillons des arbres de ces roues, selon la charge ou la pression latérale qu'ils supportent. Nous avons fait remarquer avec M. Buchanan, que dans ce cas, comme pour les arbres soumis à des efforts de torsion, la force des tourillons est proportionnelle au cube de leur diamètre.

Or, les boutons de manivelles se trouvent exactement dans le même cas; les efforts qu'ils supportent sont des pressions latérales qui résultent de la surface du piston multipliée par la pression de la vapeur; nous croyons donc être réellement plus près de la vérité en nous rapprochant de la formule de Buchanan, dans laquelle le diamètre est en raison de la racine cubique de la pression; seulement nous admettons un coefficient qui n'est pas aussi fort que celui de Roberston indiqué plus haut, parce que nous sommes convaincus que, comme on sait mieux travailler aujourd'hui le fer forgé et en général tous les métaux, on a moins à craindre les chances de rupture, tout en tenant compte très-largement des réductions provenant de l'usure.

La formule que nous avons donc adoptée pour les boutons de manivelles des machines à vapeur en général, est alors :

$$d = 3 \times \sqrt[3]{P} \quad [3]$$

dans laquelle d représente le diamètre du bouton en centimètres,

Et P la pression totale qui s'exerce sur lui, en quintaux métriques.

On voit qu'elle revient à la règle suivante :

Pour trouver le diamètre du bouton en fer forgé d'une manivelle de machine à vapeur, on multiplie par 3 la racine cubique de la charge totale exprimée en quintaux métriques.

Exemple. — Quel est le diamètre du bouton de manivelle supportant une charge de 3,600 kilog.?

$$\text{On a } d = 3\sqrt[3]{36} = 9^c 9$$

$$\text{ou } d = 99^m/_m$$

Dans la machine à basse pression de Saint-Ouen (publiée tome 1er), le diamètre du cylindre à vapeur étant de $0^m 856$, et la pression sur le piston réduite à $0^k 63$ par centimètre quarré, on trouve que la pression totale effective est de :

$$5{,}750^{c.q.} \times 0^k 63 = 3{,}623^{\text{kilogr.}}$$

le diamètre du bouton de la manivelle est de 108 millimètres.

Dans la machine à deux cylindres établie à la Monnaie de Paris, par M. Moulfarine (publiée tome VIIe), le diamètre du petit cylindre étant de $0^m 24$, et celui du grand de $0^m 42$, on trouve que la pression effective

totale sur le bouton de la manivelle est environ de 2,400 kilog., ce qui correspond à

$$d = 3\sqrt[3]{24} = 8^{c}6 \text{ ou } 86^{m}/_{m}$$

Le constructeur lui a donné seulement $75^{m}/_{m}$. Depuis sept à huit ans que cette machine fonctionne, le bouton n'a pas cédé.

Nous devons observer toutefois que pour les machines de mer qui sont susceptibles d'éprouver des chocs, des secousses plus ou moins considérables, il est prudent d'admettre un coefficient plus fort.

Ainsi, au lieu de 3, nous supposons 3.3.

De sorte que la formule devient dans ce cas :

$$d = 3{,}3\sqrt[3]{P}. \quad [4]$$

Exemple. — Quel est le diamètre à donner au bouton en fer de la manivelle double d'une machine de 60 chevaux pour la navigation maritime, afin de résister à une pression totale de 9,800 kilog., en marchant longtemps sans crainte de rupture ?

$$\text{On a } d = 3{,}3\sqrt[3]{98^{q.}}$$
$$\text{d'où } d = 3{,}3 \times 4{,}61 = 15^{c}27,$$
$$\text{soit } 153^{m}/_{m}.$$

Dans le *Flambart*, navire de 120 chevaux de force nominale, construit par M. Nillus, pour la marine de l'État, avec cylindres oscillants, pouvant marcher à 1 1/2 et même à 2 atmosphères, on a :

Diamètre du piston $= 1^{m}100$;
Surface — $= 9^{m}503$ cent. quarrés.
Pression totale environ $= 9{,}788^{kil.}$, en supposant que la pression effective sur le piston, soit de $1^{k}03$ par cent. quarré.
Le constructeur a donné au diamètre du bouton $= 160^{m}/_{m}$.

Dans le *Phénix*, de 220 chevaux, également construit par M. Nillus, pour l'État, et sur le système oscillant, le diamètre du piston est de $1^{m}41$, la surface est donc de 15,614 cent. quarrés ; si on suppose que la pression effective soit aussi de $1^{k}03$ par cent. quarré ; on a alors pour la pression totale sur le bouton :

$$P = 15{,}614 \times 1{,}03 = 16{,}082^{kil.}$$
$$\text{ou environ } 161^{\text{quint. mét.}}$$

Ce qui donnerait d'après la formule

$$d = 3{,}3\sqrt[3]{161} = 18^{cent.}$$

Le constructeur lui a donné 21 cent., sans doute parce que les machine

sont à cylindres oscillants, et que par suite les tourillons sont susceptibles d'éprouver des pressions plus considérables que celles supposées.

Les dimensions adoptées par M. Nillus, se rapportent généralement avec celles de M. Penn, l'un des meilleurs constructeurs d'Angleterre.

Il devient facile d'établir, à l'aide de ces formules, soit une table, soit un diagramme, qui donnent à première vue les diamètres des boutons de manivelles correspondants à des pressions données.

C'est ainsi que sur le tracé (fig. 2, pl. 19), nous avons indiqué la courbe FOM qui donne les diamètres reportés sur la ligne verticale FJ correspondants aux pressions, lesquelles sont elles-mêmes exprimées en quintaux métriques sur la ligne horizontale inférieure FK, et au besoin sur la ligne horizontale supérieure JT.

Soit à déterminer, par exemple, pour la manivelle d'une machine fixe, le diamètre d'un bouton en fer qui doit porter une charge de 18,000 kil. ou 180 quintaux ?

On trouve que le point d'intersection O de la verticale, élevé de 180 avec la courbe FOM, se trouve à très-peu près sur l'horizontale qui correspond au diamètre 17, soit alors environ $170^{m}/_{m}$.

C'est, en effet, le résultat trouvé par la formule qui devient

$$d = 3\sqrt[3]{180} \text{ ou } d = 17^{\text{cent.}}$$

Nous avons également dessiné sur la figure 2, une seconde courbe FO'M' analogue à la précédente, en tenant compte du coefficient 3,3 pour les diamètres des boutons de manivelles appliqués aux machines de mer; elle montre la différence qui existe dans ce cas pour une charge donnée.

Ainsi, par exemple, le diamètre du bouton en fer des manivelles pour bateau à vapeur, supportant une pression effective de 150 quintaux métriques ou 15,000 kil., serait environ de 175 millim.; tandis que pour une machine de terre il serait à peine de 160 millim.

LONGUEUR DES BOUTONS ET DES TOURILLONS

La portée ou la saillie des boutons qui se trouve embrassée par les coussinets de la bielle ou de la tige motrice, est généralement un 1/4 plus grande que le diamètre lui-même.

Par conséquent si on représente cette longueur par s, on a :

$$s = 1{,}25\, d. \quad [5]$$

Ainsi, pour un diamètre de $0^{m}16$, le bouton aurait :

$$0{,}16 \times 1{,}25 = 0^{m}20$$

ou 20 centimètres entre les deux embases.

Il faut observer néanmoins que l'on est quelquefois gêné dans certaines

machines pour adopter cette proportion. Ce n'est évidemment pas à l'avantage de l'appareil, car plus le bouton est court, plus il est susceptible de s'user; nous devons le rappeler, pour des tourillons d'arbres, le frottement n'est pas en raison des longueurs, mais seulement des diamètres. Plus le tourillon est long, plus il a d'assise, et plus il présente de surface en contact, par conséquent moins il s'use.

Aussi, si on n'était entraîné, par les trop grandes portées, à plus de dépenses, par l'augmentation des coussinets et des pièces qui les portent, on ne craindrait certainement pas d'admettre des proportions plus considérables de 1,5 à 2 fois le diamètre.

Pour les tourillons des arbres subissant des efforts de torsion, on est absolument limité sur la longueur des portées; il est évident que les causes de rupture augmenteraient avec cette longueur, il est prudent de se renfermer dans la limite de 1,2 à 1,25 du diamètre.

DIMENSIONS DES MANIVELLES EN FER.

Du moyeu et du corps. — Lorsque l'on a déterminé, pour une machine donnée, le diamètre du tourillon de l'arbre moteur qui doit porter la manivelle et celui du bouton qui la relie à la bielle ou à la tige du piston, il est utile de proportionner toutes les autres parties de cette manivelle, selon l'effort qu'elle doit transmettre en résistant aux chocs, aux secousses qu'elle est susceptible d'éprouver pendant son travail.

Nous remarquerons que dans les machines à balancier, et particulièrement celles à basse et à moyenne pression, des systèmes de Watt et de Woolf, les manivelles sont généralement en fonte, et montées sur des arbres en fonte; mais dans les machines à directrices, à cylindre horizontal ou oscillant, comme dans les machines de bateaux, les manivelles, ainsi que les arbres, sont presque toujours en fer forgé.

La partie qui se rapporte plus particulièrement au tourillon de l'arbre est évidemment le moyeu proprement dit, et la partie du corps qui le relie, y est adhérente et s'y raccorde par des courbes ou des arcs de cercle.

En représentant par D′ le diamètre intérieur de ce moyeu,

Par E, son épaisseur autour de l'arbre,

Par L, sa portée ou sa longueur, parallèlement à l'axe,

Par A, la largeur du corps mesurée au centre,

Et enfin par H, l'épaisseur correspondante,

On peut pratiquement adopter les proportions suivantes pour chacune de ces parties:

Ainsi pour le diamètre intérieur du moyeu qui doit être alésé exactement suivant la grosseur de l'arbre, comme celui-ci est environ 1/10e plus fort que le tourillon augmenté de 10 millimètres, afin de former une saillie suffisante au collet, on a :

$$D' = 1.1\ D + 10 \text{ millimètres } [6]$$

$$\text{ou bien le rayon } R' = \frac{D'}{2} = 0{,}55\ D + 5^{m}.$$

La portée ou la longueur du moyeu doit être d'un cinquième environ plus grande que le diamètre du tourillon, pour que la manivelle soit suffisamment bien assise sur l'arbre ; on a alors

$$L = 1.2\ D.\ [7]$$

L'épaisseur multipliée par la largeur doit former une section au moins égale aux deux tiers de celle du tourillon, ce qui donne

$$E = \frac{\pi D}{7.2} = \frac{3{,}14\ D}{7{,}2} = 0{,}436\ D.\ [8]$$

La section du corps mesurée au centre de l'arbre, est égale à la section totale du moyeu, par conséquent

$$A \times H = L \times E,$$

d'où l'on déduit aisément

$$A = 1.3\ D\ [9]$$

$$\text{et } H = \frac{\pi D}{3.9} = \frac{3.14\ D}{3.9} = 0{,}805\ D.\ [10]$$

Proportions de l'œil de la manivelle. — Les dimensions de l'œil d'une manivelle dépendent tout naturellement du diamètre même du bouton. Si on représente successivement

Par d', le diamètre intérieur de l'œil,

Par l, la portée ou la longueur de celui-ci,

Par e, son épaisseur autour de la fusée,

Et enfin par a et h, les deux côtés de la section du corps mesuré vers le centre de l'œil,

En adoptant, selon le système d'assemblage généralement employé, un emmanchement légèrement cône, comme celui indiqué sur les fig. 5 et 8, c'est-à-dire que la fusée du bouton soit ajustée conique et retenue par un écrou, nous admettons que le plus grand diamètre du cône ou de la fusée est égal à celui du bouton même, par conséquent

$$\text{on a } d' = d.\ [11]$$

La longueur de la portée, pour que la fusée soit bien assise, est de près d'un tiers plus grande que le diamètre du bouton,

$$\text{soit alors } l = 1.3\ d.\ [12]$$

La section de l'œil devant être au moins égale aux 5/6 de celle du bouton, l'épaisseur minima mise en rapport avec la largeur devient :

$$e = \frac{\pi d}{6.2} = \frac{3,14\ d}{6,2} = 0,5\ d. \quad [13]$$

La section du corps, mesurée au centre, peut être réduite aux 2/3 de la section de l'œil, ce qui donne pour sa largeur,

$$a = 1.3\ d \quad [14]$$

$$\text{et } h = 2\frac{\pi d}{9.3} = \frac{6.28\ d}{9.3} = 0,675\ d. \quad [15]$$

Sur ces données il a été extrêmement facile de construire le diagramme qui est dessiné sur la même fig. 2.

Les lignes obliques indiquées sur ce tracé, reproduisent graphiquement et avec toute l'exactitude désirable, toutes les formules relatives à la construction des manivelles en fer.

Ainsi, le premier côté vertical extrême FJ du rectangle représente, à l'échelle de 1/4, les diamètres des tourillons depuis 1 jusqu'à 30 centimètres en allant de bas en haut, et les lignes obliques FE, $\frac{FD'}{2}$, FH, FL et FA, correspondent aux différentes parties du corps du moyeu de la manivelle qui sont proportionnelles à ces diamètres. Leurs dimensions se lisent sur la ligne horizontale supérieure JT.

On comprend que pour déterminer chacune de ces lignes, il a suffi de chercher un point pour chacune d'elles, par exemple, celui correspondant au plus fort diamètre adopté sur le diagramme.

D'après cela, supposons que l'on veuille connaître, à l'aide de ce tableau graphique, les dimensions des différentes parties du moyeu de la manivelle, pour une machine dont le tourillon de l'arbre moteur serait de 16 centimètres?

On voit sur le tracé que l'horizontale tirée du point 16, à partir de la verticale FJ, rencontre chacune des obliques aux points *u*, *v*, *x*, *y* et *z*.

Les ordonnées ou les verticales élevées de ces points jusqu'à la ligne supérieure horizontale JT, montrent sur cette dernière ligne les dimensions cherchées.

Ainsi on a pour l'épaisseur du moyeu, E = 70 millim.,

Pour le rayon dudit, ou $\frac{D'}{2}$ = 92 millim.,

La longueur ou portée, L = 192 millim.,

L'épaisseur du corps, H = 128 millim.,

Et enfin sa largeur au centre, A = 208 millim.

Il en est de même pour les proportions des parties qui environnent le bouton; ainsi en représentant sur la ligne verticale TK les diamètres de celui-ci à partir du point *o*, et en allant de haut en bas, puis sur la ligne horizontale KF les dimensions correspondantes des autres parties, on a

également les lignes obliques *oe*, *oh* et *ol* ou *oa*, qui correspondent aux valeurs de *e*, *h*, *a* et *l* : ces deux dernières étant les mêmes sont nécessairement représentées par la même ligne.

Soit, par exemple, un bouton de 0.10 cent. de diamètre!

On reconnaît que les dimensions de l'œil qui doit le recevoir, sont déterminées par les points d'intersection de la ligne horizontale tirée du point 10 sur la verticale KT, avec chacune des obliques ; ces points sont u', x' et z'.

Les verticales descendues de ces points, sur la ligne horizontale FK, donnent alors,

$$e = 0.050 \text{ millim.}$$
$$h = 0.067 \quad \text{—}$$
$$\text{et } a \text{ ou } l = 0.130 \quad \text{—}$$

La manivelle en fer que nous avons choisie comme type et qui est représentée, vue de face et en coupe verticale, sur les fig. 4 et 5, est justement construite sur les données précédentes, pour une machine fixe de 25 chevaux, que l'on suppose marcher à la vitesse de 25 tours par minute.

DIMENSIONS DES MANIVELLES EN FONTE.

Nous avons dit que les manivelles en fonte se montent généralement sur des arbres qui sont aussi en fonte ; les proportions qu'elles doivent avoir sont plus fortes, du moins dans certaines parties, que celles des manivelles en fer.

Pour qu'on puisse juger de la différence, nous avons supposé que l'un et l'autre système soient calculés en admettant que les arbres soient toujours en fer, et alors les formules précédentes deviennent :

Pour le moyeu et la première partie du corps qui s'y relie :

$$\text{Diamètre du moyeu, } D' = 1.1\ D + 10\,; \ [6]$$
$$\text{Longueur ou portée, } L = 1.2\ D\,; \ [7]$$
$$\text{Épaisseur dudit, } E = \frac{\pi D}{6} = \frac{3.14\ D}{6} = 0{,}523\ D\,; \ [8]$$
$$\text{Largeur du corps, } A = 1.55\ D\,; \ [9]$$
$$\text{Épaisseur du corps, } H = 1.02\ D. \ [10]$$

On a également pour l'œil de la manivelle, et la seconde partie du corps :

$$\text{Diamètre de l'œil, } d' = d\,; \ [11]$$
$$\text{Longueur ou portée, } l = 1.3\ d\,; \ [12]$$
$$\text{Épaisseur de l'œil, } e = \frac{\pi\, d}{5} = \frac{3.14\ d}{5} = 0{,}628\ d\,; \ [13]$$
$$\text{Largeur du corps, } a = 1.5\ d\,; \ [14]$$
$$\text{Épaisseur du corps, } h = 1.1\ d. \ [15]$$

Les lignes tracées sur le tableau graphique (fig. 3) montrent aussi

comme précédemment, les dimensions correspondantes à ces données pour des tourillons d'arbres en fer de 1 à 30 cent. de diamètre et pour des boutons de 1 à 20 centimètres. Les lettres correspondantes à chacune des lignes tracées montrent bien ce qu'elles représentent par rapport à chaque formule respective.

Le modèle de manivelle en fonte que nous avons dessinée de face et de côté sur les figures 7 et 8, a été entièrement tracé d'après ces données; elles se rapportent aussi à des manivelles appliquées sur des machines à vapeur à balancier, et en particulier à celles des machines à deux cylindres de M. Moulfarine, que nous avons publiée dans le VIIe volume.

AJUSTEMENT DES MANIVELLES SUR LES ARBRES. — Le moyeu des manivelles étant alésé très-exactement suivant le diamètre de l'arbre qui les reçoit, y est retenu très-solidement au moyen d'une clé en fer *c* (fig. 4, 5, 7 et 8), qui est entaillée d'un quart de son épaisseur, environ, sur la surface de l'arbre et de 3/4 dans l'intérieur du moyeu.

Les dimensions de cette clé n'ont pas été jusqu'ici soumises à des règles précises; aussi bien des mécaniciens en ont fait qui étaient trop faibles, surtout sur la largeur, et se sont trouvés dans l'obligation d'en mettre deux et même trois pour la même manivelle, au lieu d'une.

Le plus généralement une seule clef suffit en lui donnant pour largeur le quart ou bien le tiers du diamètre du tourillon, et pour épaisseur les 2/5e de la largeur. Dans les fortes machines, il peut être préférable de mettre deux clés.

AJUSTEMENT DU BOUTON. — Il y a des constructeurs qui, au lieu d'ajuster le bouton dans l'œil de la manivelle, comme nous l'avons indiqué sur les fig. 5 et 8, en le retenant par derrière au moyen d'un fort écrou, l'ajustent au contraire en faisant le cône dans le sens opposé, comme l'indique le détail fig. 6, et l'assujettissent au moyen d'une clavette.

Cette disposition a l'avantage de ne pas laisser de saillie à la face postérieure de l'œil, mais le diamètre de celui-ci est alors nécessairement plus fort que dans le mode précédent, puisque le plus petit diamètre du cône devant être au moins égal à celui du bouton, il faut que l'épaisseur soit reportée en dehors du plus fort diamètre d^2.

OBSERVATIONS. — Le corps de la manivelle se raccorde sur chaque face avec le moyeu et avec l'œil, par des arcs de cercle que nous avons indiqués sur les fig. 4 et 7; les rayons de ces arcs ne sont pas rigoureusement déterminés, on les met à peu près en rapport avec ceux des cercles auxquels ils se relient; ils sont plus petits que ces derniers, mais généralement plus grands que les rayons des tourillons et des boutons. Il en est de même pour l'épaisseur.

Dans les manivelles en fer, on raccorde aussi le corps avec le moyeu et l'œil par des arcs de cercle, formant des espèces de gorges, comme le montre la coupe fig. 5. On suppose pour cela que la section du corps est rectangulaire ou légèrement arrondie sur la face postérieure.

Dans les manivelles en fonte, le corps ne forme pas une masse pleine à section rectangulaire : les fig. 7 et 8 font voir qu'il est au contraire légèrement évidé sur la face antérieure, et que du côté opposé il est sensiblement dégagé, soit suivant une forme arrondie comme celle indiquée sur la section fig. 9, laquelle est faite à la hauteur de la ligne 1-2, soit suivant les sections représentées sur les fig. 10 et 11.

Nous avons évidemment tenu compte de ces dégagements ménagés à la fonte, en établissant les valeurs de H et de *h* dans les formules qui précèdent, tandis que nous avons adopté la section rectangulaire complète pour celles des manivelles en fer.

MANIVELLES ACCOUPLÉES.

Les manivelles disposées pour actionner un arbre moteur vers le milieu de sa longueur, au lieu de l'attaquer par l'une de ses extrémités sont nécessairement doubles et accouplées ou réunies par un bouton unique, sur lequel s'applique la bielle ou la tige du piston à vapeur. Pour les machines d'une certaine puissance, on préfère de beaucoup cette disposition à celle d'un arbre coudé, excepté toutefois dans les locomotives où l'on est toujours gêné pour la place, et dans lesquelles la course des pistons est toujours très-faible comparativement à la puissance qu'ils transmettent.

Les deux manivelles accouplées, représentées sur la fig. 12, appartiennent à un appareil de navire à vapeur de la force nominale de 220 chevaux, construit par M. Nillus pour la marine de l'État. Cet appareil est à deux cylindres et a par conséquent deux paires de manivelles, qui sont nécessairement en fer corroyé. La manivelle M qui se trouve sur la portion de l'arbre moteur principal situé entre les deux cylindres, est plus forte que celle M′ qui se trouve sur la partie de l'arbre portant la roue à pales, attendu qu'elle est susceptible de supporter par instant presque toute la puissance de l'appareil, tandis que la seconde n'en transmet régulièrement que la moitié ; toutefois, comme on place toujours les pistons de manière à ce que l'un se trouve vers le milieu de la course, quand l'autre est à l'extrémité, les tourillons de l'arbre moteur ne sont calculés que pour la puissance correspondante à celle d'un seul cylindre.

Chacune de ces manivelles est fixée sur son arbre respectif par une forte clef *c* (fig. 13), qui est en grande partie encastrée dans son moyeu et entaillée seulement d'un quart de son épaisseur dans le bout de l'arbre qui doit la recevoir. Le bouton est une tige cylindrique ajustée d'un bout très-solidement dans l'œil de la manivelle la plus forte où elle est fixée par une clavette, et dégagée légèrement dans l'autre bout pour pénétrer dans la bague ou virole en cuivre *b* (fig. 14), rapportée à l'intérieur de l'œil de la seconde manivelle M′, et qui présente, sur les deux côtés latéraux, deux parties méplates, afin de permettre de légères variations, dans le cas où il se ferait quelque dérangement dans le parallélisme des axes.

On comprend sans doute que les deux manivelles accouplées sont semblables et de mêmes dimensions sur leurs faces, comme pour leurs rayons; elles ne diffèrent réellement entre elles que par les épaisseurs. Appliquées à des appareils de mer, elles doivent nécessairement représenter à elles deux plus de résistance qu'une seule calculée dans les circonstances ordinaires.

Voici d'abord les dimensions communes à la face de chaque manivelle :

Partie du moyeu. . . . . . $\begin{cases} D' = D. \\ E = \dfrac{\pi D}{10.8} = 0{,}3 \text{ D environ.} \\ A = 1.35 \text{ D.} \end{cases}$

Partie de l'œil. . . . . . . $\begin{cases} d' = d. \\ e = \dfrac{\pi d}{8.8} = 0{,}357\ d. \\ a = 0.7\ d. \end{cases}$

Les épaisseurs des différentes parties de ces manivelles se trouvent réparties de la manière suivante :

Moyeu.

Manivelle M.	Manivelle M′.
$L = D.$	$L' = 0.8$ D.
$H = 0{,}644$ D.	$H' = 0{,}515$ D.

Œil.

$l = 1.1\ d.$	$l' = 0.9\ d.$
$h = 0{,}65\ d.$	$h' = 0{,}47\ d.$

Dans chacune de ces formules, les lettres représentent les mêmes parties que dans celles indiquées plus haut.

Il est évident qu'un diagramme semblable aux précédents, pourrait être établi de la même manière pour connaître sans calcul toutes les dimensions correspondantes à chacune des parties de chaque manivelle, après avoir déterminé les diamètres des boutons et des tourillons des arbres moteurs.

Nous avons l'assurance qu'avec ces données et les types que nous avons représentés sur la pl. 19, il sera facile, pour les praticiens, de bien proportionner toutes les parties qui composent les manivelles en fer et en fonte, simples ou accouplées, des machines à vapeur, pour fabriques ou pour bateaux. Nous ne pouvons qu'engager, comme nous l'avons déjà dit, à faire les tracés sur une grande échelle, ainsi que nous l'avons fait nous-même.

TISSAGE.

MÉTIER MÉCANIQUE

PROPRE AU TISSAGE DES ÉTOFFES DE TOUS GENRES,

ET DE TOUTES SUBSTANCES FILAMENTEUSES,

Par M. Michel DE BERGUE,
Ingénieur-Mécanicien.

(PLANCHE 20.)



Nous avons déjà donné, dans le 1er volume de ce Recueil, la description bien développée d'un métier mécanique à tisser, ainsi que les dessins d'ensemble et de détails représentés à une assez grande échelle. Depuis cette époque, les perfectionnements ont été nombreux dans cette industrie, et nous sommes heureux de pouvoir aujourd'hui décrire un métier simplifié dû à M. Michel de Bergue et comprenant des dispositions de mouvements mécaniques tout à fait nouveaux et ingénieux.

Ce métier perfectionné n'apporte, il est vrai, aucune modification dans la formation des tissus, mais la simplicité est aussi une modification et une modification de premier ordre. C'est à ce point de vue et surtout à celui des résultats obtenus que nous décrivons le métier en question.

Les perfectionnements apportés par M. de Bergue à l'industrie du tissage n'ont pas rapport à telle ou telle partie des métiers, mais à l'ensemble en général. Ils peuvent se classer ainsi :

1° Assemblage des bâtis et améliorations générales du montage.

2° Procédé pour mettre le métier en mouvement par un système à friction qui lui permet de s'arrêter subitement et de faire cesser instantanément l'action du moteur.

3° Combinaison d'un système de casse-trame suspendant immédiatement les fonctions du régulateur et provoquant l'arrêt du métier.

4° Application de pignons excentrés et de roues ovales pour graduer le

nouvement des lames suivant la matière à tisser, et par suite les mouvenents qui en dépendent.

5° Chasse-navette oscillant avec le mouvement du battant, et reproducion du mouvement alternatif avec le même arbre qui commande les lames.

6° Disposition du porte-fil oscillant dont le mouvement est combiné ivec celui des lames, de manière à tenir la chaîne dans un degré de tenion toujours égal.

7° Système de déroulage de la chaîne et d'enroulage du tissu réunis sur in seul arbre régulateur; et moyens d'enrouler directement des tissus 'orts par des plateaux de friction.

8° Suspension des lames à deux contre-marches croisées, passant l'une lans l'autre et oscillant sur leurs centres.

9° Enfin moyen de rendre la navette libre dans la boîte au moment du lépart, sans supprimer la pression du verrou ou de l'espagnolette qui etient cette navette à son arrivée dans l'autre boîte.

Au moyen de ces dispositions mécaniques, on peut, suivant l'auteur, isser avec plus de douceur, plus de vitesse, en dépensant moins de force notrice et de plus, on a l'avantage de maintenir la chaîne à la même tenion dans toutes les positions des lames, d'éviter les clairières dans les étoffes, de moins fatiguer les fils et, par suite, d'en prévenir la rupture; enfin de produire des tissus supérieurs et à meilleur marché.

DESCRIPTION DU MÉTIER

REPRÉSENTÉ PL. 20.

La fig. 1re du dessin, pl. 20, est une élévation générale de ce métier perfectionné vu de face.

La fig. 2 en est une vue par bout du côté du moteur.

La fig. 3 est un fragment de section horizontale faite par l'axe du volant ou disque plein E.

La fig. 4 est une autre section horizontale faite dans un plan inférieur uivant la ligne 1-2 de la fig. 2.

La fig. 5 est une vue de face de la roue dentée elliptique T; et la fig. 6 st un tracé géométrique qui montre les positions principales de cette oue et celles correspondantes du pignon droit avec lequel elle engrène.

Enfin la fig. 7 représente un plan vu en dessus du mécanisme des contre-marches qui font mouvoir les lames; et la fig. 8 montre les détails lu support à coulisse adapté au sommet des épées de chasse.

Les deux bâtis A de ce métier sont en fonte avec des nervures seulement à l'extérieur, mais renflés intérieurement aux points sur lesquels s'ajuste l'extrémité des traverses B qui maintiennent leur écartement. Ces traverses ou entretoises ne sont autres que des tubes qui laissent passer les boulons à écrou au moyen desquels on relie les deux bâtis, en en formant

ainsi une sorte de double châssis vertical qui est monté bien carrément et présente une solidité parfaite. Les deux bâtis sont en outre reliés à leur partie supérieure par l'entretoise en fonte B', qui, en son milieu, porte l'axe des deux leviers ou contre-marches *b*.

L'arbre principal D, du métier, porte à chacune de ses extrémités et à l'extérieur du bâtis, un volant ou disque circulaire plein E, tourné à la circonférence pour se mettre en contact avec celle de la poulie F, qui est garnie de cuir afin d'augmenter l'adhérence. Cette poulie, qui est également fondue pleine, est montée sur l'arbre en fer G, commun à deux métiers que l'on peut faire marcher simultanément. Cet arbre est supporté à chaque bout par un levier en fonte H, appliqué au bâtis de chaque métier.

La construction de ce levier présente une disposition particulière : le coussinet mobile, qui reçoit le tourillon de l'axe, est retenu par une lame à ressort *a* qui est supportée par ses deux extrémités au moyen de deux tiges à écrous suspendues sous le levier, comme le montre la fig. 2.

La courroie de commande qui passe sur la poulie motrice J, donne à cet arbre commun un mouvement de rotation permanent, que les métiers soient en travail ou en repos.

Pour mettre un métier en marche, il suffit de lever la poignée du levier H, qui pivote à l'autre extrémité sur le bâtis. La poulie F vient alors en contact avec la circonférence du volant, et l'adhérence du cercle de cuir contre la fonte polie, suffit pour imprimer le mouvement de rotation au métier. Le levier est retenu dans cette position par le levier de débrayage K, portant sur le tourillon L, et ayant, dans sa partie inférieure, un mentonnet ou crochet qui traverse une coulisse pratiquée dans le levier H, et à l'aide du ressort M, s'y agrafe aussitôt que ce levier a atteint la hauteur nécessaire. Pour arrêter le métier, on tire en avant la poignée du levier de débrayage, le mentonnet de l'autre bout échappe le levier H, qui retombe de son propre poids aidé du ressort M ; le contact entre la poulie de friction et le volant cesse immédiatement, et le métier s'arrête. Les épées de chasse N, placées à l'extérieur des bâtis, sont fixées sur l'arbre porte-épée au moyen d'une vis de pression ; elles reçoivent dans la partie supérieure la chasse O et le chapeau de chasse P.

Les bielles Q, qui doivent imprimer à ces épées leur mouvement de va-et-vient, sont commandées par les tourillons R (fig. 2), implantés sur les volants E à un degré d'excentricité variable, suivant la course que l'on veut obtenir.

A l'intérieur du bâtis est fixé sur l'arbre principal D, un pignon excentré S, qui commande, dans la proportion de deux révolutions pour une, la roue elliptique T fondue d'une pièce avec son tourillon, lequel traverse la douille du support coudé U, par laquelle cette roue est retenue au bâtis (fig. 2). Un tourillon V, fixé à coulisse dans la même roue ovale, forme un autre excentrique qui imprime unmouvement de va-et-vient à la cré-

maillère X, laquelle engrène avec le pignon Y, fixé à un des bouts du tube en fer creux Z, tournant dans les bâtis du métier qu'il traverse.

Les courroies des lames *a* sont attachées sur ce tube chacune de leur côté, mais avec cette distinction que les courroies de devant, travaillent directement sur le fer, tandis que celles de la lame de derrière font un tour sur le rouleau pour en augmenter le diamètre, et font faire ainsi à la lame de derrière une course un peu plus grande qu'à celle de devant.

Le haut des lames est attaché à deux leviers ou contre-marches *b* pivotant sur un tourillon *c* au centre de la traverse B′. Ces leviers se croisent et passent l'un à travers de l'autre dans la coulisse que l'on remarque dans l'un d'eux un peu à la droite du centre (fig. 7). De cette manière, la lame de devant est suspendue à un bout des leviers, et celle de derrière à l'autre bout. Ces leviers ont des crans pour recevoir les cordes des lames à des distances variables du centre, afin de pouvoir varier l'action des leviers, la mettre en harmonie parfaite avec celle du rouleau d'en bas, et maintenir ainsi une tension toujours égale dans les lames, quelle que soit leur position.

Deux supports à coulisse *f* sont rapportés aux épées de chasse et forment demi-coussinets pour recevoir les chasse-navettes *g*.

A chacune des extrémités du tube Z, extérieurement aux bâtis, est fixée une pièce *v′*, en acier fondu excentré, l'une par en haut, l'autre par en bas, *et vice versa* au tour suivant de l'arbre D. A chaque révolution de cet arbre, qui entraîne la chasse en arrière, ces projections excentrées se trouvent chacune à leur tour en contact avec l'un des galets en acier trempé *h*, qui tournent sur les tourillons fixés sur le côté des chasse-navettes *g* ; le galet est forcé de monter et fait faire un mouvement circulaire aux chasse-navettes, dont les branches inférieures entraînent après elles les bras *i*, auxquels elles sont attachées par les courroies *j* et les brides en fer rond *k*.

On remarque que les bras de chasse-navettes sont fixés à l'arbre porte-épée, dont ils suivent les mouvements, et par conséquent celui de la chasse; de cette manière ils travaillent dans la boîte même de la chasse qu'ils ne quittent pas et agissent directement sur la navette sans nécessiter l'emploi des taquets.

La pièce *l*, appelée *traverse compensatrice* (en anglais *vibrating beam*), est supportée à chaque bout par un tourillon excentré qui pivote dans les supports *m*, attachés aux bâtis, et porte, à un bout seulement, un bras de levier projetant, vers le milieu des bâtis et recevant à l'extrémité, le haut d'une bielle *n* dont l'autre bout se termine en un demi-cintre ou croissant qui repose sur la petite manivelle *o* du pignon Y. On se rappelle que ce pignon reçoit de la crémaillère X un mouvement alterné de droite à gauche et de gauche à droite, pour le mouvement des lames; le même mouvement se communique, par la manivelle *o* et la bielle *n*, à la traverse compensatrice qui, pivotant sur des tourillons excentrés, est forcée de

reculer, et rattrape ainsi le lâche que les lames, en se refermant, auraient donné à la chaîne.

La position de la manivelle par rapport aux lames est, bien entendu, réglée de telle façon qu'elle se trouve au point le plus élevé, et par conséquent la traverse *l* au point le plus reculé, lorsque les lames sont fermées, revenant à la position horizontale de droite ou de gauche au fur et à mesure que les lames commencent à s'ouvrir de nouveau. La chaîne, par ce simple appareil, est maintenue dans un degré de tension toujours égale, et on obvie de cette manière à l'inconvénient de l'embuvage du fil de chaîne.

Le tourillon de la roue ovale est percé à une petite profondeur pour recevoir l'extrémité d'un arbre en fer *e*, qui dépasse le bâtis de l'autre côté du métier où il se trouve supporté par l'extrémité du levier *p*, qui pivote vers le milieu sur un tourillon fixé au bâtis. En dehors de ce levier, l'arbre porte une vis sans fin *q* (fig. 1), qui commande la roue q^2 fixée sur l'arbre *r*, et servant de régulateur du déroulage du fil et de l'enroulage du tissu. La roue de vis sans fin q^2 est celle qui se remplace par d'autres roues d'un nombre de dents variables, suivant le nombre de duites que l'on veut placer par centimètres de longueur; c'est le régulateur de la force du tissu. On place sur l'arbre *r* un certain nombre de ces roues de différents comptes, et au moyen d'une vis de pression dont chacune d'elles est pourvue, on fixe sur l'arbre, en dessous de la vis sans fin, celle qu'il convient d'employer.

Le déroulage du fil est forcé, l'enroulage du tissu est libre, ne recueillant jamais que ce que le mécanisme du derrière a déroulé.

Un rouleau en bois *s*, recouvert de cuir, de caoutchouc vulcanisé, de drap ou de tout autre tissu en feutre, porte à un bout la roue à hélice *t*, qui est commandée par la vis sans fin *u* fixée à l'extrémité de l'arbre *r*.

Un second rouleau *v* en bois, mais à nu, est placé presque au-dessus du rouleau *s*; et l'ensouple W est garni de plateaux ou disques en fonte *y*, entre lesquels s'enroule la chaîne sur la machine à parer.

Au fur et à mesure que la vis sans fin *u* fait tourner le rouleau *s*, la chaîne qui se déroule de l'ensouple W passe autour du rouleau *v*, enveloppe presque entièrement la circonférence du rouleau *s*, passe par-dessus la traverse compensatrice, et arrive graduellement au travail du métier, suivant l'indication qui en est faite fig. 2.

Un rouleau en bois *x*, à nu ou recouvert comme le rouleau *s*, est placé sur le devant du métier; il est mis en mouvement par la vis sans fin placée à l'autre bout de l'arbre *r* et agissant sur la roue dentée *x'*, placée à l'extrémité du rouleau *x*.

Au-dessus de ce rouleau, il s'en trouve un autre en bois *z*, qui fait l'office de déchargeoir.

Les tourillons de ce dernier tournent dans les coulisses fixées aux bâtis; il porte, de son propre poids et de celui de l'étoffe dont il est chargé, sur

a circonférence du rouleau x, et en recueille le tissu que celui-ci lui ournit; le contact des deux rouleaux imprime le mouvement au second, ui monte dans ses coulisses à mesure que son diamètre augmente; lorsqu'il est plein, on coupe l'étoffe et on emporte le rouleau chargé pour en nettre un vide à sa place.

Le rouleau x fait le même nombre de révolutions que le rouleau s, et omme son diamètre est plus fort, il détermine, en tournant, un certain ottement contre l'étoffe, qui la tient suffisamment tendue. Pour l'adhéence des tissus très-forts, si l'adhérence de l'étoffe contre la surface du rouleau x est reconnue insuffisante, on enroule directement sur le déchareoir par l'intermédiaire des plateaux de friction, séparés par une rondelle e cuir ou de drap.

Nous avons dit plus haut que l'un des bouts de l'arbre e est supporté par extrémité du levier p; cette pièce et le mécanisme que nous allons écrire, jouent un rôle important dans ce métier.

Un levier en fer a' (fig. 2 et 4), à deux branches placées à angle droit, ivote à l'intersection des deux branches sur un tourillon b' fixé au bâtis. a branche horizontale de ce levier s'avance diagonalement vers l'intérieur u métier où il rencontre, à chaque révolution de la roue elliptique, un petit alet c', dont le tourillon tient à une manivelle c^2, fixée par une vis de preson à l'extrémité de la douille de cette même roue. Le galet c' soulève la ranche horizontale du levier a' et fait reculer, vers la poitrinière, la ranche verticale qui se trouve en haut par un cran précédé d'une partie ourbée. La branche horizontale est brisée à peu de distance du tourillon, au moyen d'un boulon et d'une petite coulisse dans l'une des pièces on it varier l'angle qu'elles forment entre elles, et on les fixe ensemble au oint convenable.

Le levier d', dit *casse-trame* (fig. 2), est fixé au bout d'un arbre e', qui averse le métier et porte à l'autre bout, mais en dedans du bâtis, une utre branche de levier f' tournée par en bas, et dont l'extrémité inférieure, ans les circonstances expliquées plus loin, vient en contact avec le plan cliné qui termine le levier p.

Une coulisse horizontale, ménagée dans le haut du levier casse-trame, çoit un petit tourillon sur lequel pivote une petite pièce g', appelée *fourette-casse-trame*. Un côté de cette fourchette se termine par une petite uerre ou un crochet qui, dans la position où il est représenté sur le plan, ncontre le cran au haut de la branche verticale du levier a', l'autre côté la pièce g' se divise en trois branches formant une véritable fourchette, ais coudée en bas presque à angle droit, dans une grande partie de sa ngueur.

Dans la coulisse de la chasse, entre les épées de chasse et le peigne, ou ême faisant partie du peigne, se trouvent quelques dents plus fortes et us écartées que celles du peigne et dont les intervalles correspondent écisément aux dents de la fourchette casse-trame, qui rentrent alors en

dedans de celles de ce petit peigne, lorsque la chasse vient contre le tissu.

Lorsque la trame n'est point cassée, elle se met en travers de ce double grillage, elle barre le passage à la fourchette *g'*, qui fait bascule ; le crochet de l'autre bout se relève et dégage la branche verticale du levier *a'*; c'est dans ce moment que le galet *c'* agit sur la branche horizontale du levier *a'* dont la branche verticale peut alors reculer librement. Si au contraire la trame est cassée, la fourchette casse-trame, trouvant le passage libre à travers le peigne, reste dans la position où elle est représentée sur le profil (fig. 2) et lorsque la branche verticale du levier *a'* recule par l'action du galet, le cran dont nous avons parlé rencontre le crochet de la fourchette casse-trame et l'entraîne après lui, ainsi que le haut du levier casse-trame *d'* auquel la fourchette est retenue.

Ce mouvement se reproduit par l'intermédiaire de l'arbre *e'* à la branche descendante *f'* dont l'extrémité inférieure vient appuyer sur le plan incliné du levier *p*, le fait basculer et désengrène la vis sans fin *q* de sa roue, arrêtant ainsi instantanément et l'enroulage du tissu et le déroulage du fil.

Le levier casse-trame agit en même temps sur le levier de débrayage K, au moyen de la pièce *h'* et arrête le métier comme il a été dit plus haut.

On remet le métier en marche en relevant la poignée du levier H; le ressort M force la branche descendante du levier de débrayage K à reprendre sa place, et le mentonnet qui termine cette pièce, passe sous la partie pleine du levier H qu'il empêche de redescendre.

Une patte en fer *i'* est fixée sur la tringle de l'espagnolette et recourbée à l'autre bout, sous la bielle Q. Lorsque la chasse recule, cette bielle rencontre la queue de la pièce *i* et appuie dessus suffisamment pour rendre la navette libre dans sa boîte, et, par ce moyen, en faciliter le départ.

A l'arrivée de la navette de l'autre côté, la bielle a repassé le centre de l'arbre, la pièce *i'* est dégagée, et la navette se trouve retenue dans sa boîte par la pression de l'espagnolette.

Observation. — On sait que les constructeurs sont arrivés aujourd'hui à construire des métiers mécaniques à tisser, à des prix extrêmement réduits, comparativement à leur poids, au travail qu'ils exigent et au grand nombre de pièces qu'ils contiennent.

On peut actuellement se procurer de ces appareils pour le tissage du coton à 250 ou 300 francs, suivant la largeur, et leur faire faire 100, 120 et même jusqu'à 150 coups par minute.

MACHINE A ALÉSER HORIZONTALE

CONSTRUITE

DANS LES ATELIERS DE GRAFFENSTADEN,

Sous la direction de M. MESMER, Ingénieur de l'usine.

(PLANCHE 21.)

On sait que les machines à aléser l'intérieur des pièces cylindriques sont de deux espèces, les unes verticales et les autres horizontales. Les premières sont particulièrement destinées aux grandes et fortes pièces, telles que les cylindres des machines à vapeur, des souffleries, des pompes à air ou à eau, etc.; nous avons donné le dessin et la description d'un tel système, dans le 1er volume de ce Recueil. Les alésoirs horizontaux qui, comme machines, sont les plus anciens, ne doivent être employés que pour les objets de petites dimensions, comme les manchons d'accouplement, des douilles, des viroles, des cylindres et des corps de pompe d'un diamètre très-faible; tel est l'appareil que nous avons représenté sur le dessin, pl. 21.

Cette machine, exécutée à l'usine de Graffenstaden et dont nous devons la communication des dessins complets à l'obligeance de M. Mesmer, ingénieur de cet établissement, est en usage aujourd'hui dans un grand nombre d'ateliers de construction, et particulièrement dans les ateliers de chemins de fer, où elle rend véritablement de grands services, par la facilité qu'elle présente pour centrer et ajuster les pièces que l'on veut y aléser.

La fig. 1re représente une coupe longitudinale faite par l'axe de la poupée principale et par le milieu du banc.

La fig. 2 en est une vue par bout du côté de la tête de la poupée principale.

La fig. 3 est un plan vu en dessus de cette poupée et une section horizontale faite par l'axe de la commande.

La fig. 4 est une vue de face du collier ou du support à lunette qui permet de centrer et de retenir la pièce à fixer, lorsque cette pièce est cylindrique à l'extérieur.

La fig. 5 est aussi une vue de face de l'une des poupées mobiles qui servent à porter l'arbre de l'alésoir proprement dit.

Dans cette machine, le banc sur lequel on assujétit les poupées et les supports est disposé exactement comme celui des tours à chariot ou à fileter : il consiste en une longue et forte pièce en fonte A, formée de deux flasques parallèles qui sont parfaitement dressés sur leur bord supérieur, afin de permettre d'y faire glisser et d'assujétir aux endroits voulus les poupées mobiles, les lunettes ou les supports dont l'écartement est variable, suivant la longueur même des pièces à aléser. Ce banc est aussi dressé aux extrémités inférieures, qui présentent une sorte d'équerre, afin de reposer sur les pieds en fonte B à chacun desquels on le fixe au moyen de deux boulons à écrous.

La poupée principale qui porte le mouvement et qui doit faire avancer l'alésoir, tout en lui imprimant une rotation continue, présente aussi beaucoup d'analogie avec les poupées employées dans les tours parallèles. Elle se compose, en effet, d'un large et fort support en fonte C qui est dressé sur deux parties de sa base, afin de reposer exactement sur les bords parallèles du banc, où on la maintient en place, d'une part, au moyen d'un court boulon *a* et d'une traverse *b* qui s'appuie sous ses bords, et de l'autre par le grand boulon *a'* et la seconde traverse *b'* qui s'appuie sous la face inférieure du banc.

La tête ou la partie supérieure de cette poupée est une sorte de longue douille cylindrique *c*, qui est alésée horizontalement sur toute sa longueur, pour recevoir le tube ou canon creux D qui d'un bout porte la pointe conique et aciérée *d*, et de l'autre, forme écrou à la vis de rappel *e* (fig. 1), destinée à faire avancer l'alésoir au fur et à mesure qu'il tourne sur lui-même.

Le tube ou canon D reçoit son mouvement de rotation par la roue dentée en fonte E, laquelle engrène avec le pignon droit F, qui est rapporté à l'extrémité de l'arbre horizontal *f* que l'on voit porté par les deux pattes ou oreilles avancées *g*, venues de fonte avec le corps de la poupée. Sur le milieu de cet arbre se trouve le cône ou poulie à quatre diamètres G, qui permet, étant commandé par un cône semblable, mais renversé, de lui transmettre quatre vitesses différentes.

A l'autre extrémité du même arbre prolongé, se trouve le petit pignon denté *h* qui, à l'aide de deux intermédiaires *i* et *i'* (fig. 2), fait marcher la roue droite *j* fixée sur la tête de la vis de rappel *e*. Or, celle-ci est retenue à l'aide d'une embase tournée *k*, à l'extrémité de la douille cylindrique de la poupée, de telle sorte qu'elle peut bien tourner, mais non avancer ni reculer; il en résulte que dans sa rotation, elle force nécessairement le canon D à s'avancer d'une très-petite quantité de gauche à droite, et par suite à faire avancer le porte-alésoir H, tout en l'entraînant dans sa rotation continue par le toc à deux tiges I, et la bride en fer *l*, rapportée à l'extrémité de celui-ci.

Les pignons intermédiaires *i* et *i'*, dont l'un est détaillé sur la fig. 6, sont ajustés libres sur des goujons en fer *m* retenus par des écrous à la pièce à coulisse J, qui est ajustée sur la tête de la douille cylindrique *c*, de manière à pouvoir changer de place à volonté, à la demande des roues de rechange qui doivent remplacer ces pignons intermédiaires, ou les deux roues *h* et *j*, afin de permettre de varier selon les besoins le degré d'avancement de l'alésoir.

Nous donnons ci-après les diamètres primitifs et les nombres de dents de ces divers engrenages :

DÉSIGNATION DES ROUES.	NOMBRE de DENTS.	DIAMÈTRE PRIMITIF.	PAS des DENTS.
		mill.	mill.
Grande roue E sur l'axe de la machine..................	54	382.50	22.24
Son pignon F sur l'arbre du cône........................	18	127.50	22.24
Distance des centres....................................	255	»	»
Roues intermédiaires....................................	30	93.6	9.8
Roues de rechange sur l'arbre du cône..................	26	81.4	»
— —	27	84.8	»
— —	28	87.4	»
— —	29	90.3	»
— —	30	93.6	»
Roue *j* placée sur la vis..............................	84	262.16	»

L'arbre, ou le porte-alésoir H, n'est autre qu'une tige cylindrique parfaitement tournée dans toute sa longueur et traversée, vers son milieu, par une ou deux lames *o* (fig. 1), que l'on y retient solidement au moyen d'une clé *p*; ces lames, en acier trempé, sont afûtées légèrement en biseau, de manière à couper le métal par l'angle saillant, comme nous l'avons fait voir dans le 1er volume. Cet arbre est soutenu par les deux poupées mobiles en fonte K, qui s'ajustent et se promènent au besoin sur les bords supérieurs du banc, où on les assujétit, quand leur place est déterminée, au moyen des boulons à écrous a^2 et des traverses b^2.

Lorsque la pièce que l'on veut aléser est tout à fait cylindrique comme le petit corps de pompe, ou le cylindre en fonte L, indiqué sur les fig. 1 et 4, on se sert tout naturellement, pour le monter sur la machine, de la lunette M, qui se compose de deux pièces à oreilles réunies par des boulons, et que l'on fait reposer par sa base dressée sur les bords du banc, où on la maintient également au moyen de deux boulons *r* et d'une traverse *q*. Les vis de pression *s*, taraudées à la circonférence de cette lunette, venant s'appuyer sur la paroi extérieure du cylindre, retiennent celui-ci exactement à sa place, après avoir permis de le centrer convenablement. Si le cylindre présente

une certaine longueur, il peut être utile de l'assujétir entre deux lunettes semblables.

Lorsque la pièce à aléser se termine par des surfaces planes à l'extérieur, on l'assujétit sur un support mobile à coins, disposé comme on le voit sur les fig. 7 à 10.

La fig. 7 est une section verticale faite par le milieu de ce support et parallèlement à l'axe du banc.

La fig. 8 en est une section transversale ou perpendiculaire à la précédente.

La fig. 9 est un plan vu en dessus de la partie fixe de ce support ; et la fig. 10 est un détail, vu en élévation et en plan de l'un des coins mobiles.

On voit qu'il se compose de deux pièces principales dont l'une, celle inférieure N, s'ajuste sur les bords dressés du banc et y pénètre d'une certaine quantité, et l'autre, celle supérieure O, forme une sorte de plateau horizontal qui a été préalablement raboté dans toute son étendue et dans lequel on a ménagé plusieurs entailles, pour recevoir les têtes des boulons destinés à y assujétir les pièces que l'on y fait reposer pour les aléser ; quand une pièce est ainsi fixée, on la centre en soulevant le plateau ou en le baissant, ou bien en le poussant à droite ou à gauche, c'est-à-dire dans le sens transversal, par rapport au banc ou à l'axe du tour, et cela au moyen de la double vis de rappel *u*, qui est filetée, dans une partie de sa longueur, d'un pas à gauche, et dans l'autre partie, d'un pas à droite ; cette vis est retenue par son milieu au centre même du plateau et traverse les deux coins *v*, dont on voit le détail fig. 10. Ces coins servent d'écrous aux deux parties filetées ; de sorte que si l'on fait tourner la vis dans un sens, elle force nécessairement le plateau à monter ou à descendre par l'effet même des plans inclinés de chaque coin qui s'appuie constamment sur les bords du disque inférieur N. Lorsque la pièce est centrée, on assujettit les deux plateaux sur le tour au moyen des deux boulons *r'*, qui traversent leurs oreilles et descendent jusqu'au-dessous du banc où ils sont retenus par les traverses en fer *q'* que l'on serre par les écrous logés dans leur douille.

Nous avons détaillé, sur les fig. 11, 12 et 13, l'une des chaises à console en fonte P, qui portent l'arbre de couche de commande placé vers le plafond de l'atelier, pour faire mouvoir l'arbre du tour. Ces chaises présentent, dans l'agencement des coussinets et de leur chapeau, une disposition particulière que l'on voit bien sur les figures, et qui se distingue, d'une part, par l'application du réservoir d'huile dans lequel baigne constamment le coussinet inférieur, et, de l'autre, par l'unique boulon qui retient le chapeau à la partie inférieure de la chaise.

UNIFORMITÉ DES FILETS DE VIS,

ET PROPORTIONS DES BOULONS ET DES ÉCROUS.

(Complément à l'article inséré pag. 30 à 51.)

(PLANCHE 8.)

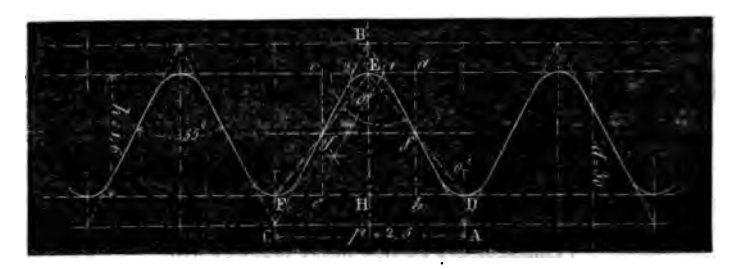
Depuis que nous avons publié le mémoire relatif à l'uniformité qu'il conviendrait d'adopter, non-seulement en France, mais encore dans tous les pays où le système métrique est suivi, pour les vis, les boulons et les écrous que l'on emploie en si grande quantité dans la construction des machines, plusieurs mécaniciens, et en particulier MM. Huguenin, Ducommun et Dubied de Mulhouse, qui ont compris toute l'importance d'un tel système, se sont occupés de faire des outils spéciaux pour le mettre en application d'une manière générale. Ils prennent toutes leurs mesures pour pouvoir livrer aux ateliers de mécanique, des séries de tarauds, de filières et de coussinets établis mathématiquement et d'après les données que nous avons exposées.

Ces habiles constructeurs, en étudiant cette question des vis et des boulons d'une manière toute particulière et avec le plus grand soin, nous ont fait remarquer qu'il était utile dans la pratique d'arrondir légèrement, comme le fait d'ailleurs M. Whitworth, que nous avons souvent cité, les arêtes des filets de vis triangulaires, afin, d'une part, de rendre le filetage plus facile, et, de l'autre, d'éviter les angles vifs, qui coupent et abîment en peu de temps les coussinets.

Sans donc changer les proportions que nous avons adoptées, soit pour le pas, soit pour la profondeur des filets, nous admettons le léger arrondi que ces Messieurs ont déterminé géométriquement, et qu'ils arrivent à mettre à exécution avec la plus parfaite exactitude, au moyen d'un instrument fort ingénieux qui centuple les dimensions, et à l'aide duquel on peut faire les peignes et même les tarauds, suivant la forme rigoureuse que les dents doivent avoir, en les réduisant justement au centième.

La figure ci-jointe fera aisément comprendre la détermination de cet arrondi, et par suite la modification qu'il apporte dans la forme ou le contour des filets. Cette figure est dessinée sur une très-grande échelle, afin qu'on puisse bien concevoir le tracé géométrique.

TRACÉ GÉOMÉTRIQUE DES FILETS DE VIS.



Supposons, pour fixer les idées, que le diamètre *d* de la vis ou du boulon soit de 30 centimètres; d'après les proportions établies précédemment, le pas *p* serait égal à 25 millimètres, et par suite, la profondeur *h* serait de 16 millimètres.

Faisons le triangle isocèle D E F, dont la base D T = 25 et la hauteur E H = 16; divisons cette hauteur E H en deux parties égales par la ligne *f g*, puis les demi-bases D H et H T par les verticales *a b* et *c e*; portons, de *a* en *i* et de *c* en *i'*, la moitié de *a f* ou de *f b*, ou, si l'on veut, le 1/4 de la hauteur entière *a b*; en joignant les points *i f* et *i' g* par les droites A B et B C, on forme le nouveau triangle isocèle A B C.

Ce sont justement les côtés latéraux de ce nouveau triangle qui engendrent les filets de vis; on les arrête aux points 1 et 2 de la ligne *a c*, qui représente la génératrice extrême de la tige ou du cylindre extérieur de la vis, et à la ligne D F, génératrice du noyau ou cylindre intérieur. Si on divise alors les angles que forment ces deux génératrices avec les côtés A B et B C en deux parties égales, on trouve les points *o* et *o'* pour les centres des arcs de cercle qui doivent former les arrondis et qui sont tangents à ces côtés et aux deux droites A C et D E.

Cette construction amène, en résumé, à ce résultat que les côtés latéraux A B et B C des filets, forment entre eux un angle de 55 degrés, et que le rayon de l'arc de cercle qui forme l'arrondi de chaque angle, est environ le 1/5e de la profondeur.

Nous sommes heureux de mentionner ici cette addition de l'arrondi des filets, et de constater que des constructeurs habiles et intelligents veulent bien exécuter, comme nous l'avons proposé, un système uniforme pour les proportions des boulons et des écrous, qui, dans un temps plus ou moins rapproché, seront adoptées dans toute la France.

Nous nous plaisons à reconnaître que la maison Huguenin, Ducommun et Dubied rend, sous ce rapport, un grand service aux établissements industriels, en mettant à exécution les outils et instruments, tels que tarauds et filières, qui doivent établir cette uniformité dans les vis et les boulons, comme complément du système métrique.

Ils feront faire aussi un progrès aux fabricants de boulons, qui jusqu'alors n'ont pas, au moins pour la plupart, apporté dans ce genre de fabrication tous les soins, toute la précision qu'elle exige.

MACHINE

A PLIER ET COLLER LES ENVELOPPES DE LETTRES,

Par M. LEGRAND, fabricant à Paris.

(PLANCHE 22.)

Nous avons publié, dans le VIIe volume de ce Recueil, une machine fort intéressante employée, en Angleterre, pour plier et coller les enveloppes de lettres, et qui est due à M. Rémond, ingénieur français, habitant Birmingham depuis longtemps. Nous avons annoncé alors les machines que faisait construire M. Legrand, de Paris, pour une fabrication spéciale d'enveloppes qu'il a montée sur une vaste échelle.

M. Legrand a compris, des premiers en France, que l'usage des enveloppes était susceptible d'y prendre la plus grande extension, et ce n'est pas seulement pour notre pays, mais bien encore pour l'étranger, et surtout pour l'Amérique, que l'on en fabrique aujourd'hui une très-grande quantité. C'est en effet par centaines de mille, par millions, que M. Legrand reçoit ses commandes et livre ses enveloppes au commerce, et il est en mesure de pouvoir satisfaire à toutes les exigences.

L'installation de sa fabrique est des plus intéressantes : il est évidemment celui qui est le mieux organisé en ce genre et qui est en même temps le plus complet.

Ses machines, successivement étudiées par M. Rabatté, M. Eugène Bourdon et par M. Péron, sont arrivées à un degré de précision véritablement remarquable, et qui, on peut le dire, ne laisse plus rien à désirer, malgré toutes les conditions, tous les mouvements qu'elles sont obligées de remplir. On peut s'en rendre compte par l'énumération suivante, qui résume en quelque sorte chacune des opérations qu'elles effectuent.

1° Gommage ou enduit des barrettes ou colleurs métalliques;

2° Prise de chaque enveloppe séparément sur une pile formée de leur réunion;

3° Gommage ou collage de ces enveloppes sur deux des côtés, et transport au pliage ;

4° Pliage ou rabattage des quatre cornes dans l'ordre nécessaire pour la confection des enveloppes de tout système ;

5° Transport des enveloppes hors de la machine, à chaque opération ; la machine accomplit en outre les deux opérations complémentaires suivantes :

6° Comptage et séparation par paquet de 25 enveloppes ;

7° Refoulage séparé de chacune d'elles pour empêcher les faux plis et neutraliser l'élasticité naturelle du papier ;

8° Et enfin séparation successive de chacune des feuilles de papier, lors de la prise.

Nous allons donner d'abord une description sommaire du mécanisme qui remplit ces différentes conditions, puis nous en ferons voir la construction à l'aide des figures du dessin pl. 22.

Les enveloppes sont disposées en pile, après le découpage, sur un plateau mobile à contre-poids, ou mieux à ressort, pouvant monter graduellement à mesure que les enveloppes diminuent en nombre.

Au centre de la machine est un arbre vertical, armé à son sommet d'un fléau, ou porte-pistons horizontal. C'est à l'extrémité de ce fléau que sont boulonnés les *colleurs métalliques* formés simplement, chacun d'une barrette en fer pouvant changer de position dans tous les sens, suivant que l'on veut fabriquer tel ou tel modèle d'enveloppes. Ces colleurs passent simultanément sur un *rouleau gommeur* et s'enduisent ainsi à leur surface inférieure d'une couche de gomme ou de colle qu'ils doivent reporter à l'enveloppe qu'ils vont prendre sur la pile.

A cet effet, le fléau tourne jusqu'à ce qu'il trouve un arrêt vertical qui limite sa course, d'ailleurs suspendue par le mécanisme, puis il descend verticalement en suivant l'arrêt à fourche, de manière à venir appuyer sur la pile d'enveloppes par les colleurs seulement. En se relevant, l'enveloppe du dessus est suffisamment enduite pour adhérer aux colleurs et suivre le mouvement ascensionnel du fléau qui, s'effectuant à une plus grande hauteur que l'arrêt vertical, peut recevoir un mouvement de rotation d'un demi-tour. Pendant ce mouvement de rotation, il s'effectue aussi un mouvement descensionnel qui permet aux colleurs, placés à l'autre extrémité du fléau, de venir s'imprégner de gomme à leur tour, de manière à pouvoir produire une prise de feuilles analogue à la première et à s'arrêter au toc ou arrêt vertical. On comprend déjà que la machine ainsi combinée agit à double effet, c'est-à-dire que chaque branche du fléau accomplit à la fois une opération distincte, soit pour coller, soit pour soulever les feuilles ou les plier.

L'arrêt à fourche dont nous venons de parler, a pour but d'arrêter le fléau en temps et lieu utiles, c'est-à-dire au moment même où il se trouve dans l'axe du plieur. L'enveloppe dont il est garni, descend alors avec ce

fléau pour entrer dans le plieur rectangulaire, et, par cette action, force les quatre cornes à se détacher et se relever contre les parois verticales de la boîte. L'enveloppe occupe ainsi, par la partie unie qui doit recevoir l'adresse, tout le fond du plieur, et, par ses quatre cornes, les côtés de celui-ci. Quatre cavités lui servent d'abri en utilisant la force élastique dont elles sont munies, force qui tend toujours, malgré le pli, à conserver à l'enveloppe sa forme plate primitive et à l'empêcher, par suite, de se déranger, lorsque le piston se retire.

Puisque la boîte est rectangulaire, il est inutile de faire observer que le piston seul pénètre dans son intérieur et que les colleurs descendent à l'extérieur en abandonnant successivement les côtés enduits de colle. C'est aussi pendant ce mouvement de descente, que le deuxième piston a été chercher une autre enveloppe, et ainsi de suite.

Enfin, par ce mouvement de descente même, la bascule mobile qui sert de fond au plieur, et de plan incliné aux enveloppes pour les conduire au dehors de la machine, la bascule, disons-nous, se relève horizontalement pendant toute la durée de la pression pour retomber, par son propre poids, lorsqu'elle est abandonnée à elle-même, c'est-à-dire lorsque le pliage est effectué, ainsi qu'on va le reconnaître.

Lorsque le piston remonte, le premier côté de l'enveloppe, celui qui se plie en dessous, se ferme d'abord, puis en même temps les deux côtés collés, et, en dernier lieu, le quatrième côté qui termine le pliage de l'enveloppe.

Ces quatre côtés accomplissent leur double mouvement d'abaissement et d'ascension ou de fermeture et d'ouverture, pendant que le fléau fait son demi-tour. C'est alors qu'ils dégagent le siége à bascule qui, en s'obliquant, conduit les enveloppes dans une boîte verticale où elles s'empilent les unes sur les autres. Le haut de cette boîte est évasé en entonnoir pour la facilité et la régularité du mouvement, et enfin un piston ou refouloir vient les comprimer chacune successivement pour les empêcher de se gonfler après le pliage.

Le mécanisme est complété par un compteur dont le but est de séparer les enveloppes par paquets de 25, en laissant tomber une planchette de carton ou de bois sur chaque portion ainsi accusée.

Ayant ainsi décrit la disposition générale de la machine ou plutôt les diverses opérations qu'elle effectue, nous allons entrer dans quelques détails pour bien faire comprendre tous ses mouvements mécaniques. Nous suivrons pour cela leur marche naturelle, c'est-à-dire que, commençant par le mouvement du moteur, nous ferons voir comment il se transmet successivement à toutes les pièces mobiles pour remplir les conditions indiquées.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE LA MACHINE,

REPRÉSENTÉE SUR LES FIGURES DE LA PLANCHE 22.

PREMIER MOUVEMENT ET ENDUIT DES COLLEURS. — La fig. 1re du dessin, pl. 22, représente une vue de face extérieure de la machine toute montée et fonctionnant.

La fig. 2 en est un plan général vu en dessus.

La fig. 3 en est une élévation latérale.

La fig. 4 une section verticale faite par l'axe principal et parallèlement à la fig. 1re.

La fig. 5 est une coupe horizontale faite à la hauteur de la ligne 1-2.

Toutes ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/15 d'exécution.

Et enfin les fig. 6, 7 et suivantes sont des détails de quelques pièces principales du mécanisme.

On voit tout d'abord par ces figures que la carcasse ou la partie fixe de l'appareil consiste en une table horizontale en fonte A, qui repose sur quatre colonnes verticales C, également en fonte, assujéties par leur base sur un bâtis peu élevé C′, fondu avec quatre pieds.

Le mouvement est transmis à toutes les pièces de la machine par un arbre horizontal en fer B, vers l'extrémité duquel sont montées deux poulies, dont une fixe *p* et l'autre mobile *p′*, permettant de commander par un moteur continu et d'arrêter l'appareil, toutes les fois qu'on le juge nécessaire, à l'aide d'un embrayage à fourchette *f*.

On peut également le faire marcher, au besoin, par une manivelle *m* que l'on tourne à la main.

Cet arbre B transmet son mouvement de rotation en premier lieu à un second arbre horizontal B′, par un pignon *a* et une roue droite *b*, qui le renvoie, à l'aide d'une paire de roues d'angle *c*, à 45 degrés, au petit axe vertical E des cames S, qui reçoivent ainsi de prime-abord un mouvement de rotation. En origine, cet arbre commandait par un engrenage droit non denté sur la moitié de sa circonférence, une autre roue, en partie dentée, montée sur le grand arbre vertical E′ qui porte le fléau horizontal G. Mais, au lieu de ces engrenages, on a appliqué depuis avec avantage, pour obtenir une grande vitesse, le mécanisme suivant :

Il se compose d'un secteur *z*, denté sur son contour et commandant un pignon *z′*, soit par engrenages, soit par friction, soit plutôt par une chaîne métallique.

Ce pignon doit servir de toc, c'est-à-dire qu'il porte deux petits goujons qui, à chaque descente du fléau ou à chaque oscillation du secteur, s'engagent dans les encoches du croisillon z^2, rapporté à l'extrémité inférieure de l'arbre vertical E′. C'est dans ce premier mouvement que la surface des barrettes *g*, frottant sur la circonférence du rouleau N, s'imprègne ou plutôt s'enduit de la substance nécessaire au collage, ordinairement de la

gomme très-liquide, ou de la colle de pâte, ou toute autre matière gélatineuse. Ce rouleau baigne dans une cuvette métallique d' et tourne librement sur pointes ou coussinets.

Pendant une partie du mouvement de rotation du fléau, il se produit un mouvement descensionnel qui a pour but de mettre en contact les barrettes et le rouleau dont on vient de voir l'utilité ; ce mouvement s'obtient ainsi : deux cames J et J′ sont montées sur l'arbre B′; elles agissent séparément sur deux leviers f^2, f^3, fixés, ainsi qu'un troisième K plus long, sur l'arbre intermédiaire f'. Ce dernier correspond à deux bielles e fixées elles-mêmes à l'arbre vertical E′, et lui faisant suivre, conséquemment le mouvement vertical intermittent de va-et-vient qu'il reçoit de la came J. La deuxième came J′ ne sert absolument que de complément mécanique pour aider au mouvement de descente, de sorte que les cames tournent réellement entre deux leviers à galets pour leur transmettre le résultat de leur courbure irrégulière.

Prise des enveloppes. — Le mouvement descensionnel du fléau qui vient d'être décrit sert à plusieurs opérations :

La première, celle qui précède, est pour l'encollage des barrettes ;

La deuxième, celle qui nous occupe, pour la prise des enveloppes ;

Et la troisième, dont il sera question plus loin, pour l'entrée de celles-ci dans le plieur rectangulaire.

Les enveloppes ne se confectionnent pas toujours avec du papier d'une égale épaisseur ; il s'ensuit que chaque mille, déposé sur le plateau O, n'est pas toujours de la même hauteur ; d'un autre côté, le fléau G, ayant toujours la même course, il s'agit de rattraper la différence, et faire monter le papier au fur et à mesure qu'il est enlevé par les colleurs.

A cet effet, une roue h' est armée sur toute sa circonférence d'une certaine quantité de dents dont le nombre est justement en rapport avec l'épaisseur du papier que l'on veut employer.

Cette roue est montée sur deux petites tringles méplates porteuses de l'écrou h^2; à chaque tour de l'arbre vertical E′, le toc i' vient attraper une dent, fait tourner la roue et par suite l'écrou sur lequel elle est fixée, et comme cet écrou embrasse la partie inférieure de l'arbre m' qui est filetée, il le fait monter, et par suite le plateau O, porteur du papier.

Gommage et transport des enveloppes. — On comprend facilement maintenant que les barrettes ou colleurs g, qui appuient sur la pile d'enveloppes, font adhérer naturellement la première d'entre elles qui reçoit le contact et l'enlèvent ainsi facilement, tout en préparant les deux côtés qui doivent être collés. Nous renvoyons, pour l'intermittence de ce mouvement, à ce qui a été dit dans le premier article, « Premier mouvement et enduit des colleurs », au sujet des roues à denture interrompue ou des secteurs à excentriques.

Pliage. — Le fléau, muni de son enveloppe et continuant sa marche rotative et descensionnelle, accomplit ainsi un demi-tour pour s'arrêter

aux tocs verticaux I, et faire descendre verticalement dans la boîte rectangulaire, le piston plat H dont il est muni, en laissant les colleurs *g* à l'extérieur. On a pu reconnaître déjà comment le siége mobile Q se relevait et comment l'enveloppe, pliée par ses quatre côtés, était prête à subir l'action du rabattage.

Cette fermeture s'opère ainsi : sur l'arbre vertical F sont montées quatre cames S, constamment en contact avec quatre leviers à galets *r*, fixés par des vis de pression, ainsi que quatre autres leviers supérieurs M, sur les arbres verticaux R. Ces derniers leviers sont assemblés aux coulisses *q* qui, agissant sur les *abattants* en tôle, ferment, renversent et collent le côté de l'enveloppe qui leur était contigu. Ces cames n'agissent pas toutes ensemble ; l'une d'abord ferme le premier côté de l'enveloppe, deux autres rabattent sur ce *premier côté long* les deux côtés enduits de gomme et les fixent définitivement ; enfin une quatrième rabat le dernier côté. L'opération est alors terminée, les quatre plieurs se relèvent par le même mouvement des cames, et le siége, privé de soutien, basculant autour de son point fixe, laisse échapper l'enveloppe achevée.

Afin d'obliger les abattants à se relever, chaque levier M est muni d'un ressort en caoutchouc m^2, fixé au bâtis par une de ses extrémités, et aux leviers par une petite tringle en fer m^1 (fig. 6, 7, 8 et 9). Par cette disposition, le ressort tend toujours à se déformer pendant l'action et à reprendre par suite sa première position dès que la barre de l'excentrique a effectué sa course. Ce moyen très-simple est d'un effet certain.

COMPTEUR. — L'arbre vertical F porte une petite came A commandant la roue armée de dents L, de manière que pour chaque tour de l'arbre F, cette dernière roue ne marche que d'une seule dent. Or, comme elle en a cinquante, et qu'une enveloppe n'est terminée qu'après deux tours de l'arbre de commande, il s'ensuit qu'après la révolution des cinquante dents, vingt-cinq enveloppes ont glissé du siége mobile pour aller s'empiler dans la boîte T'. Il faut remarquer que l'arbre vertical L' porte un rochet L^2 qui s'engage dans les dents de la roue L ; ce même arbre porte à sa partie supérieure un petit levier *o'* qui s'engage dans une entaille pratiquée dans boîte T'. Chaque fois que le rochet L^2 est mis en mouvement par les dents de la roue L, l'arbre L' tourne légèrement, et par suite le petit levier *o* qui vient pousser une planchette *t'* placée en face de lui ; cette dernière n'étant retenue que par la saillie t^3, et étant munie d'une encoche t^4, on conçoit facilement qu'elle n'est plus soutenue, et que tombant dans la boîte T', elle y sépare, par paquet de vingt-cinq, les enveloppes qui s'y trouvent.

REFOULAGE ET PRESSION DES ENVELOPPES. — Sur l'arbre horizontal B est monté l'excentrique double *t* (détaillé fig. 9), qui, au moyen de la bielle t^2, communique un mouvement de va-et-vient aux deux leviers *t* montés sur un arbre commun ; aux extrémités de ces leviers sont deux petites bielles réunies par une traverse à la tige du piston ou refouloir t^1,

de sorte que ce dernier descend en même temps que le fléau ; c'est après la chute des enveloppes ou des planchettes.

L'auteur a aussi apporté une modification importante à ses machines à enveloppes ; nous voulons parler du mécanisme additionnel avec lequel on peut, tout en conservant le même appareil, plier des enveloppes de différents formats et rabattre les cornes dans un ordre ou dans un autre ; on a pu remarquer, par les figures et par la description qui précède, que quatre cames seulement servent au rabattage des cornes ; les trois cames supérieures ne sont employées que lorsqu'on fait un pliage inverse, c'est-à-dire lorsqu'on met les deux côtés longs de l'enveloppe en dessous, puis celui que l'on plie en premier, et enfin le dernier côté. Comme ce dernier côté ne change pas dans le pliage, il s'ensuit que la même came accomplit toujours le même effet ; mais les trois autres étant changés, il faut alors placer les leviers *r* en face de chacune des cames supérieures qui accomplissent le changement du pliage tout naturellement.

Pour changer à volonté la dimension des formats, il faut remplacer ou modifier les colleurs, le piston, la boite rectangulaire et les plaques à verrous mobiles. On peut remarquer que toutes ces parties sont assemblées à vis et à coulisses, de sorte qu'il suffit de les rapprocher ou de les écarter pour produire le résultat désiré.

Ce perfectionnement est très-simple et bien important, car il permet d'éviter l'emploi d'un matériel considérable et peut rendre, dans beaucoup de circonstances, des services réels.

Une dernière addition faite à la machine, par M. Legrand, a pour objet de forcer les feuilles, mises en tas, comme on l'a vu sur le plateau ascendant, à se détacher facilement l'une de l'autre, lors de la prise.

Le moyen consiste simplement dans l'emploi d'un soufflet, qui agit constamment ou par intermittence, sur le bord des feuilles empilées, et qui, les agitant par le vent qui s'échappe d'une ouverture évasée, tend à les détacher successivement.

Ce soufflet, qui n'a pu être représenté qu'en lignes ponctuées sur le plan général, fonctionne par la machine même. Il permet d'augmenter sans danger la vitesse de celle-ci et de lui faire accomplir un travail plus considérable et plus régulier.

TISSAGE

MÉTIER A LA BARRE

POUR LA FABRICATION DES RUBANS ET AUTRES ARTICLES

CONSTRUIT

Par M. DIOUDONNAT
Mécanicien à Paris

(PLANCHE 23.)

Le métier que nous allons décrire a fait partie de l'Exposition française de 1844 et 1849. Construit par M. Dioudonnat père et établi depuis sur les mêmes bases par MM. Martinet frères, ses successeurs, il a toujours donné de bons résultats, c'est pourquoi nous le publions aujourd'hui en faisant observer que ses produits alimentent une foule d'articles de passementerie et de rubanerie dont l'importance est, comme on sait, immense.

Nous devons à l'obligeance de M. Dioudonnat fils, qui a monté depuis quelques années une fabrique spéciale pour ce genre de métiers, ainsi que pour les Jacquart, etc., d'utiles renseignements, et nous lui adressons ici nos remerciements.

Les métiers *à la barre* prennent leur nom d'une pièce ayant en effet la forme d'une barre, et à l'aide de laquelle un seul ouvrier les met en mouvement.

Ces métiers ont pour objet de faire les tissus sans fin, étroits, et de peu d'importance comme fabrication, de façon que leur prix de revient devant être très-peu élevé, il est nécessaire d'en faire une quantité notable dans très-peu de temps.

Les articles produits à l'aide de ce procédé sont ordinairement des rubans, des enveloppes de boutons, et tout ce qui est analogue comme genre et comme dimensions.

Les métiers perfectionnés sont munis d'une mécanique Jacquart qui

nd le même service que dans les métiers à tisser les châles : c'est-à-dire ie l'on obtient des rubans façonnés et variés de forme comme de couur ou de dessin. Comme on le verra plus bas, les métiers disposés pour amer à deux ou trois couleurs sont très-compliqués.

SCRIPTION DU MÉTIER A LA BARRE REPRÉSENTÉ SUR LES FIGURES DE LA PLANCHE 23.

MÉCANISME. — La base primitive d'un tissu est *la chaîne* qui est comosée de fils parallèles d'une longueur indéfinie sur une largeur égale à elle que doit avoir le tissu ; le métier représenté pl. 23, porte douze aînes, c'est-à-dire qu'il fait autant de pièces de rubans à la fois.

La fig. 1re représente une vue de face du métier du côté de la barre.

La fig. 2 en est une vue par le bout.

Et la fig. 3, une coupe transversale suivant l'axe du métier ou la ligne 2.

Les chaînes A sont enroulées sur des bobines faisant le service d'ensoues *a*, et sont tenues constamment tendues par des poids *b*. Dans les méers récents on a disposé cette partie du métier comme l'indique la fig. 7, est-à-dire dans une position élevée au-dessus du bâti, pour donner aux oids *b* une plus grande course. Elles passent autour des baguettes de rre *c* qui les tiennent séparées en deux parties pour disposer le passage s navettes, et de là, après avoir reçu l'action du battant B dans lequel es passent, vont s'enrouler, à l'état de tissu, terminées sur des ensouples *manchons d* montés sur un arbre commun, duquel ils reçoivent un moument circulaire très-lent au moyen d'un mécanisme d'encliquetage C' pelé *régulateur*. Ce mouvement s'opère ainsi que tous les autres par le il mouvement de la barre D ; sa vitesse angulaire correspond précisément la marche du tissage, afin de garder aux chaînes leur tension.

Ce mécanisme doit évidemment produire le même effet que le mouveent différentiel adopté dans les bans à broches ; car on conçoit aisément e le diamètre des manchons augmentant à mesure que le tissu s'enroule tour, si leur vitesse de rotation restait fixe, la vitesse angulaire devenant riable, ne serait plus d'accord avec l'arrivée du ruban. Comme un vériole mouvement différentiel serait trop compliqué, on met tout simpleent la corde *d''* qui relie l'encliquetage avec la barre D, tenue, comme on t, à la disposition de l'ouvrier qui, au moyen d'un écrou à oreilles, règle longueur et la rallonge à mesure que les manchons se garnissent, ce qui pour effet de faire passer moins de dents de la roue à rochet, et par nséquent de la faire tourner d'une moindre quantité correspondant à aque évolution du battant.

La mécanique Jacquart est disposée au-dessus du métier sur un bâti E' arfaitement solidaire avec le bâti principal E.

Avant de commencer le détail de la construction du battant, qui est la

pièce principale de la machine, il est nécessaire de définir les métiers à une ou plusieurs couleurs et dire en quoi ils diffèrent.

On sait que dans les tissages des châles on emploie plusieurs navettes correspondant à un même nombre de couleurs; ce travail exige les soins de l'ouvrier qui passe les navettes l'une après l'autre et dans un ordre convenu; mais dans le métier à la barre, où tout doit se faire sans le secours de l'intelligence de l'homme, sauf ce qui concerne les soins à apporter à l'état du mécanisme, on est très-limité quant au nombre de couleurs; ce nombre, qui est ordinairement sept pour les châles, dépasse rarement trois pour les métiers à la barre, encore ceux-ci sont-ils très-compliqués : on n'a le plus souvent qu'une couleur et parfois deux. Le métier qui nous occupe est à deux couleurs ou autrement dit à double navette, et il est supposé ici disposé pour faire des enveloppes de bouton, et chaque petit coupon représentant un bouton est séparé du voisin par des fils tramés d'une couleur particulière ou d'une qualité différente du reste du tissu.

Construction du battant. — Le battant se compose d'un châssis rectangulaire B, supporté par le bâti principal E sur des pointes *e*, autour desquelles il décrit un arc de cercle de peu de développement. La traverse inférieure est composée de deux parties *f* et *g*, entre lesquelles passe la chaîne A; c'est sur le devant de ces deux parties que se trouve placé le châssis *h* qui porte les navettes. Les fig. 4 et 5 représentent à une grande échelle les détails en vue de face et coupe de cette disposition.

Les systèmes de navettes, en nombre égal à celui des chaînes A, sont composés de deux navettes F superposées et portant de la laine, fil ou soie, et en général, *trame* de couleur ou qualité différente; le châssis *h* est animé dans le sens vertical d'un mouvement de va-et-vient qui a pour objet de présenter alternativement aux chaînes chaque rangée de navettes. Ce mouvement est obtenu au moyen d'un petit galet *i* (fig. 2 et 3) solidaire avec le châssis *h*, et glissant sur un plan incliné.

A l'état de repos, chaque système de navettes se trouve placé entre deux chaînes, et pendant une oscillation du battant, chaque paire de navette en traverse une en passant de droite à gauche et *vice versa*. C'est pendant cette période que le fil de trame contenu sur la bobine ou *canette* dépendant de la navette, se place entre les fils de la chaîne et forme le tissu.

Ce mouvement de translation des navettes a lieu d'une façon très-ingénieuse, et par des pièces assez bien dissimulées pour rendre le moyen problématique au premier examen.

Chaque navette (fig. 6) est armée d'une crémaillère *j* engrenant avec deux pignons *j'* montés dans chaque armure F', et reçoit un mouvement circulaire alternatif qui leur est communiqué par deux courroies enfermées dans la traverse *f* ou le châssis *h*. Ces deux courroies correspondent à un mécanisme particulier placé à la gauche du métier, et appelé *marionnettes* à cause des pièces *l* et *l'* qui exécutent verticalement, l'une après l'autre, un mouvement de va-et-vient transmis aux pignons *j'* par les courroies

ci-dessus mentionnées. Tout ce mécanisme est dépendant du battant et participe à son mouvement oscillatoire.

Il doit exister entre la mécanique Jacquart et le mouvement du battant B une parfaite relation quant à la combinaison de leurs effets. Autrement, les navettes ne trouvant pas la chaîne ouverte lors de leur passage, couperaient les fils, et le travail ne se ferait pas; on a en conséquence fixé après l'un des volants I, auxquels la barre D donne un mouvement de rotation continue, une bielle ou tringle de bois, et qui par une suite de pièces de renvoi L, M et N, soulève la griffe O qui met la mécanique Jacquart en mouvement. Nous rappellerons en peu de mots comment cette mécanique fonctionne.

La griffe O porte un galet *o* qui glisse dans une pièce en fer P solidaire avec un châssis Q centré et sur des pointes *q*; étant parfaitement guidés dans son mouvement ascensionnel, elle s'élève avec le galet *o* qui force la pièce P en raison de sa courbure à se déranger de sa position verticale, et le châssis Q auquel elle appartient décrit autour des pointes *q* un arc de cercle auquel mouvement participe le *cylindre* R. Cette pièce, malgré le nom qu'elle porte, est un prisme en bois percé d'un grand nombre de trous sur ses quatre faces; une chaîne sans fin S formée de cartons rectangulaires égaux aux faces du prisme R viennent successivement s'appliquer contre celles-ci chaque fois que le châssis Q exécute une oscillation. Les cartons sont percés d'un certain nombre de trous combinés avec le dessin des tissus que l'on fabrique, et correspondent toujours, quels que soient leur nombre et leur disposition, aux trous du cylindre R. Ceci posé, une série d'aiguilles horizontales *r* sont poussées par des ressorts dans les trous du cylindre R dans lesquels entrent celles qui ne sont pas arrêtées par la partie du carton qui n'est pas percée. Le mouvement horizontal de cette partie des aiguilles *r* fait monter d'autres aiguilles *r'* qui soulèvent un même nombre de fils ou *fourches s*, dans lesquels sont passés, par des maillons en verre, les fils de chaque chaîne A relativement, comme nombre et disposition, au percement des cartons.

Ces métiers *à la barre* deviennent d'un usage de plus en plus général, en ce que leur prix n'est pas élevé, et qu'ils donnent lieu à une industrie assez lucrative. Depuis ces dernières années surtout, où l'on fait usage de passementeries et rubaneries brochées, ils ont donné naissance à des ressources industrielles très-intéressantes.

CONSTRUCTION DES MACHINES.

PROPORTIONS DES BIELLES EN FER ET EN FONTE.

DIVERS SYSTÈMES DE BIELLES EN FER FORGÉ.

(PLANCHE 24.)



On sait que les bielles sont des organes qui servent à transformer un mouvement de va-et-vient en un mouvement circulaire continu. Ainsi, dans les machines à vapeur, la bielle relie le piston moteur à la manivelle et lui transmet sa puissance motrice en transformant la marche rectiligne en rotation continue.

Les bielles sont de deux espèces, en fer forgé ou en fonte; les premières sont généralement appliquées dans les machines à directrices, verticales ou horizontales, dans les locomotives et dans les appareils de navigation; les autres ont été adoptées dans les machines à balancier, telles que celles à basse pression de Watt, et celles à moyenne pression du système de Wolff.

Les efforts qu'une bielle est susceptible d'éprouver dépendent évidemment de la puissance même de la machine, laquelle se mesure par la pression totale de la vapeur sur la surface du piston; elle doit résister à cette pression de deux façons : 1° quand le piston tire la bielle après lui, c'est-à-dire en s'éloignant du centre de la manivelle; elle est alors soumise à un effort de traction longitudinale; 2° quand il marche dans le sens opposé, il repousse la bielle qui doit, par conséquent, résister à l'écrasement et à la flexion.

La partie de la bielle qui ressent plus particulièrement l'action de ces deux efforts est le corps proprement dit, c'est-à-dire toute la partie comprise entre les têtes par lesquelles elle se relie d'une part à la tringle du piston, et de l'autre au bouton de la manivelle.

Les extrémités du corps de la bielle doivent avoir une section correspondante à la pression effective exercée sur le piston, et le milieu doit être sensiblement renflé pour ne pas céder aux effets de la flexion et de la vibra-

tion qu'elle est d'autant plus susceptible d'éprouver, que sa longueur est plus grande.

Nous examinerons d'abord les diverses proportions que l'on doit donner en pratique dans les bielles en fer forgé, appliquées aux machines à vapeur; nous déterminerons ensuite les dimensions des bielles en fonte, en choisissant, à cet effet, autant que possible, les meilleurs modèles adoptés.

DESCRIPTION DES BIELLES EN FER.

Nous avons indiqué sur le dessin, fig. 1, le plan, vu en dessus, d'une bielle en fer forgé, appliquée à une machine à vapeur horizontale de la force nominale de 25 chevaux, et dont la pression totale exercée sur le piston est environ de 6,000 kilogr.

Cette figure montre que l'une des extrémités de la bielle forme une sorte de fourche à deux branches, dont l'une est supposée coupée par un plan horizontal passant par l'axe. C'est entre ces deux branches que se place la tête du piston; l'autre extrémité doit se relier par articulation avec le bouton de la manivelle.

La fig. 2 est une coupe verticale faite par l'axe de cette seconde partie de la bielle suivant la ligne 1-2.

La fig. 3 en est une section horizontale faite suivant la ligne 3-4.

Les fig. 4 et 5 sont deux sections transversales, dont l'une faite suivant la ligne 5-6, et l'autre suivant la ligne 7-8. Ces différentes figures sont dessinées à l'échelle de 1/10 ou d'un décimètre par mètre.

On voit que le corps et les deux têtes de la bielle sont forgés d'une seule et même pièce, en bon fer à nerf et à grain, combiné pour résister à la fois à la flexion et à la pression. La section du corps est ronde sur toute la longueur, pour la facilité du tournage; les parties extrêmes ou les têtes sont à sections carrées ou rectangulaires; elles sont disposées pour recevoir des coussinets en bronze, que l'on recouvre par des chapes ou des brides en fer, retenues à l'aide de clavettes ou de clefs, afin de former des articulations soit autour des tourillons de la traverse du piston, soit autour du bouton de la manivelle.

Ainsi, à chacune des branches qui composent la première tête du côté de la traverse qui réunit la bielle à la tige du piston, sont rapportées les deux paires de coussinets à joues C, qui sont enveloppées par les brides en fer méplat B, dont chacune est traversée, ainsi que chaque branche, par la clavette à vis *c*, et par les deux clavettes à talon *c'*. Au moyen de ces clavettes et contre-clavettes, on opère le serrage ou le rapprochement de chaque paire de coussinets, par rapport au centre même de leurs tourillons, sans changer la position exacte de ce centre. Pour cela, on ménage le jeu nécessaire, d'un côté, à gauche, dans l'épaisseur de la bielle, et de l'autre, à droite, dans les épaisseurs de la chape; il en résulte que lorsqu'on tourne l'écrou *e* pour rappeler la clavette *c*, comme on tend à écar-

ter les contre-clavettes, on force par cela même la bride B à marcher de droite à gauche, et la tête de la bielle de gauche à droite, les tourillons restant fixes, et par suite, les deux coussinets de chaque branche se rapprochent à la fois. Les deux parois latérales de la clavette *e*, qui coïncident avec les clefs à talon, sont, dans ce cas, également inclinées, par rapport à la ligne verticale, et forment entre elles un angle qui ne doit pas dépasser 15°; tandis que les côtés extérieurs des clefs à talon sont droits et verticaux; c'est-à-dire perpendiculaires à la direction de l'axe de la verge, afin que la pression se fasse bien exactement et complétement dans cette direction.

De même, la seconde tête qui doit s'assembler avec le bouton de la manivelle porte une paire de coussinets C′, qui sont enveloppés par la bride en fer méplat B′, que l'on retient également par la clavette à vis *c* et la clavette à talon *c′*. Le serrage s'effectue encore de la même manière; seulement, de ce qu'il n'existe qu'une seule contre-clavette, on s'arrange pour que la clavette *c* ne soit inclinée que d'un côté, celui qui est en contact avec la partie correspondante de cette dernière; l'autre côté doit être nécessairement droit, et perpendiculaire à la ligne d'axe de la verge.

Pour cacher la longueur de la partie filetée de chaque clavette, on l'enveloppe d'une petite douille en cuivre mince *d′ b*, qui sert de point d'appui à l'écrou et cache le joint des clavettes.

Il est utile de rapporter sur la tête des bielles un godet en cuivre *g*, fermé par un couvercle, et renfermant une mèche de coton, qui amène par un conduit ménagé au centre, des gouttes d'huile, afin de graisser constamment la surface des tourillons. Dans les machines horizontales, ce godet se place, comme le montre la fig. 2, sur le côté supérieur de la bride; dans les machines verticales, il est disposé sur le sommet, comme le montrent les fig. 17 et 20.

DIMENSIONS DES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA BIELLE.

Dans les proportions à établir pour les différentes parties qui composent une bielle en fer, on doit déterminer :

1° La section vers les extrémités du corps proprement dit, et qui est proportionnelle à la pression totale qui a lieu sur le piston, plus la section au milieu qui doit être plus forte que la première, à cause de la flexion;

2° Les dimensions de chaque branche qui embrasse les tourillons de la traverse à laquelle se relie la tige du piston;

3° Les dimensions de la tête qui s'assemble avec le bouton de la manivelle.

SECTION AUX EXTRÉMITÉS DU CORPS. — La plupart des auteurs qui ont cherché à établir les proportions à donner aux divers organes des machines à vapeur, ont mis ces dimensions en rapport avec le diamètre du cylindre

à vapeur, en supposant marcher à basse pression, à simple ou à double effet, c'est-à-dire en prenant pour type les machines de Watt.

C'est ainsi, par exemple, que l'on admet pour le diamètre de la tige du piston, dans une machine à basse pression, à double effet et sans détente, le dixième environ de celui du cylindre, quand cette tige est en fer. On applique ces proportions au diamètre des sections extrêmes de la bielle en fer, en l'augmentant d'une certaine quantité vers le milieu.

La règle que nous avons adoptée est plus générale et s'applique à toutes les machines à haute, à moyenne ou à basse pression; elle revient simplement à extraire la racine carrée de la charge ou de la pression totale exprimée en kilogrammes, et d'ajouter 5 millimètres au résultat.

Cette règle peut se mettre sous la forme de

$$d' = \sqrt{P}\,5. \qquad [1]$$

dans laquelle

d' représente le diamètre exprimé en millimètres

et P, la pression totale en kilogrammes.

Les cinq millimètres que nous ajoutons, ont surtout pour objet d'augmenter la section des petites bielles qui ne supportent ainsi que 80 à 90 kil. par centimètre carré, tandis que les plus fortes peuvent supporter sans crainte des charges de 100 à 120 kilogrammes.

Exemple. — Quel est le diamètre à l'extrémité du corps d'une bielle en fer forgé, pour résister à un effort correspondant à une pression totale effective sur le piston, de 4225 kil. 2.

En extrayant la racine carrée de ce nombre, on trouve 65 auquel ajoutant les 5 millimètres, on a alors

$d' = 70$ millimètres pour le diamètre cherché.

Soit encore à déterminer le diamètre de la section extrême d'une bielle en fer, sur laquelle l'effort de traction serait de 9600 kilogrammes.

On aurait $d' = \sqrt{9600} + 5 = 98 + 5$

ou $d' = 103$ millim. pour le diamètre cherché.

Il est évident qu'une telle règle peut s'appliquer également au cas où la section serait rectangulaire ou carrée au lieu d'être circulaire.

Section au milieu. — La quantité dont le corps de la bielle doit être renflé vers le milieu de sa longueur, varie selon le rapport qui existe entre celle-ci et le diamètre de la section aux extrémités, comme cela a lieu pour tous les solides qui doivent résister à l'écrasement. Observons, toutefois, que les formules en usage dans ce cas donnent des résultats inférieurs aux dimensions adoptées en pratique pour les bielles. On conçoit, sans doute, que celles-ci ayant un mouvement angulaire, sont susceptibles, en

transmettant l'effet qu'elles reçoivent, d'éprouver des vibrations qui tendent à faire fléchir ou fausser la verge. Le soin que nous avons apporté à rechercher pour le galbe de la bielle les dimensions les plus convenables, nous a amené à une formule pratique, très-simple, que nous croyons applicable d'une manière générale.

Comme la longueur totale d'une bielle varie suivant la longueur de la course du piston ou le rayon de la manivelle, et aussi suivant le rapport que l'on veut établir entre elle et cette dernière, on comprend que le diamètre de la section milieu est aussi variable, quoique d'ailleurs celui de la section extrême resterait le même; c'est pourquoi nous faisons entrer dans la formule pratique le rapport r en nombre rond, qui existe entre la longueur du corps ou de la partie tournée de la bielle et le diamètre des sections extrêmes déterminé d'avance, comme on vient de le voir.

Ainsi, en appelant D le diamètre au milieu de la longueur, nous faisons

$$D = d'\sqrt{\frac{30 + r}{30}} \quad [2]$$

c'est-à-dire que le *diamètre au milieu de la verge est égal à celui de la section extrême, multiplié par la racine carrée du quotient obtenu en divisant le coefficient* 30 *ajouté au rapport r, par ce même nombre* 30.

La formule peut évidemment se simplifier lorsque le rapport r est connu. Ainsi, par exemple, supposons que ce rapport soit égal en nombre rond à 25, on aurait

$$D = d'\sqrt{\frac{30 + 25}{30}} = d' + 1.353.$$

De même, si le rapport était de 10 à 1, on aurait

$$D = d'\sqrt{\frac{30 + 10}{30}} = d' + 1,153.$$

D'après cela, il devient facile, pour déterminer le galbe des bielles en fer forgé, de former une table dans laquelle on suppose que les longueurs des verges sont 5, 10, 15, 20, 25, 30 et 35 fois plus grandes que les diamètres des sections extrêmes.

Nous avons calculé et reproduit cette table sur la page suivante, en indiquant, dans la première colonne, la pression totale supportée par la tige en kilogrammes; dans la deuxième, les diamètres des sections extrêmes correspondants à ces pressions; et dans les colonnes suivantes, le diamètre au milieu du corps ou de la verge, selon les différents rapports mentionnés.

TABLE RELATIVE AUX DIAMÈTRES

DU CORPS OU DE LA VERGE DES BIELLES EN FER FORGÉ.

Pression totale sur la tige ou la verge en kilog.	Diamètre à l'extrémité d'.	Diamètre au milieu de la longueur du corps, le rapport entre cette longueur et le diamètre d' étant :						
		5 : 1 $d' \times 1.077$	10 : 1 $d' \times 1.153$	15 : 1 $d' \times 1.225$	20 : 1 $d' \times 1.288$	25 : 1 $d' \times 1.353$	30 : 1 $d' \times 1.414$	35 : 1 $d' \times 1.469$
kilog.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
400	25	27	28	31	32	34	35	37
625	30	32	35	37	39	41	42	44
900	35	38	40	43	45	47	50	51
1225	40	43	46	49	52	54	57	59
1600	45	48	52	55	58	61	64	66
2025	50	54	58	61	64	68	71	73
2500	55	59	63	67	71	74	78	81
3025	60	65	69	74	77	81	85	88
3600	65	70	75	80	84	88	92	95
4225	70	75	81	86	90	95	99	103
4900	75	81	86	92	97	101	106	110
5625	80	86	92	98	103	108	113	118
6400	85	91	98	104	109	115	120	125
7225	90	97	104	110	116	122	127	132
8100	95	102	109	116	122	129	134	140
9025	100	108	115	123	129	135	141	147
10000	105	113	121	129	135	142	148	154
11025	110	118	127	135	142	149	156	162
12100	115	124	133	141	148	156	163	169
13225	120	129	138	147	155	162	170	176
14400	125	135	144	153	161	169	177	184
15625	130	140	150	159	167	176	184	191
16900	135	145	156	165	174	183	191	198
18225	140	150	161	172	180	189	198	206
19600	145	156	167	178	186	196	205	213
21025	150	161	173	184	193	203	212	220
22500	155	167	179	190	200	210	219	228
24025	160	172	184	196	206	216	226	235
25600	165	178	190	202	213	223	233	242
27225	170	183	196	208	219	230	240	250
28900	175	188	202	214	225	237	247	257
30625	180	194	207	221	232	244	255	264
32400	185	199	213	227	238	250	262	272
34225	190	205	219	233	245	257	269	279
36100	195	210	225	239	251	264	276	287
38025	200	215	231	245	258	271	283	294
60025	250	269	288	306	322	338	354	367
87025	300	323	346	368	386	406	424	441

EXEMPLE. — Quel est le diamètre à donner au milieu du corps d'une bielle en fer forgé, dans le cas où la longueur de la partie tournée serait de 1^m700, la charge ou la pression totale qu'elle doit transmettre étant de 6400 kilog. ?

On voit, d'après le tableau, que pour une telle charge, le diamètre des sections extrêmes est de 85 millimètres, et par suite que le rapport r existant entre la longueur donnée de la verge et ce diamètre, est égal à 20; par conséquent, on trouve dans la colonne correspondante à ce rapport, le nombre 109 millimètres pour le diamètre cherché.

Le diamètre n'eût été que de 98 millimètres, si le rapport r était supposé seulement de 10 à 51.

La table calculée peut être au besoin remplacée par le tracé géométrique tel que celui que nous avons indiqué sur le diagramme fig. 10, pl. 24, en représentant d'un côté sur la ligne verticale AC, le diamètre en centimètres des sections extrêmes, et de l'autre sur l'horizontale CF, les diamètres des sections milieu correspondantes aux rapports r, qui sont désignés par les lignes obliques A5, A10, A15, etc. Les nombres gravés sur cette même horizontale CF, expriment aussi des tonneaux métriques pour les pressions que les charges exercent sur les tiges et auxquels correspondent les points de la courbe parabolique AoE tracée d'après la formule (n° 1) qui précède.

Ainsi, supposons que l'on veuille connaître les diamètres du corps d'une bielle en fer, sur laquelle la pression est de 10,000 kilog. ou 10 tonneaux, et la longueur de la verge = 2^m10?

L'ordonnée ou la perpendiculaire élevée du nombre 10 sur la ligne horizontale CF, rencontre la courbe parabolique au point o; l'abscisse ou la ligne horizontale tirée de ce point montre sur la verticale AC, le diamètre d de la section extrême, lequel est de 105 $^m/_m$ et comme $2{,}10 \div 105$ donne le rapport 20 à 1, on voit que la ligne oblique A 20 rencontre l'horizontale prolongée du point o en o', dont l'ordonnée descendue sur CF fait voir que le diamètre D de la section au milieu de la bielle est de $135^m/_m$.

Lorsqu'on connaît le diamètre aux extrémités et celui au milieu du corps de la bielle, on peut tracer le galbe en forme de parabole qui est la courbe adoptée pour le contour des pièces soumises à des pressions latérales telles que des balanciers, des arbres de roues hydrauliques, etc.

Dans un grand nombre de cas, on se contente de tracer des droites inclinées à l'axe, en passant par l'extrémité des rayons ou diamètres.

TÊTES DE LA BIELLE. — On a vu précédemment que la tête qui réunit la bielle à la tige du piston est à deux branches, afin de présenter de l'assise sur la traverse qui forme cette réunion. Les tourillons de cette traverse devraient être d'une section égale à la moitié de celle du bouton de la manivelle, mais on leur donne généralement une dimension plus forte en raison de la forme et de la longueur même de cette traverse, qui est d'ailleurs toujours en fer forgé.

La forme et la construction des têtes de bielles varient beaucoup, non-

seulement suivant le genre de machine auquel elle s'applique, mais encore suivant les constructeurs eux-mêmes. Le modèle que nous avons adopté pour type est beaucoup employé dans les machines fixes et particulièrement dans les machines horizontales.

Comme la construction de la tête qui s'assemble au bouton de la manivelle est généralement la même que celle des branches de la seconde tête qui s'assemble au tourillon de la traverse du piston, on comprend sans doute qu'il suffira d'établir pratiquement les rapports qui existent entre les différentes parties d'une même tête, celle du côté de la manivelle, par exemple, avec le bouton ou le tourillon qu'elle doit embrasser, pour connaître toutes les proportions qu'il convient de donner à chacune de ces parties.

Nous n'avons pas à nous occuper du bouton proprement dit, puisqu'on a vu précédemment à l'article des manivelles (p. 268), la règle pratique adoptée et le tracé géométrique au moyen desquels on peut la déterminer. Nous supposerons donc connu le diamètre de ce bouton, et nous allons donner les valeurs des coussinets, des brides et des sections de la tête.

Coussinets. — L'épaisseur e des coussinets (fig. 2 et 3), mesurée dans le sens de la longueur de la bielle, doit être suffisante pour les empêcher de s'ovaliser sous le tirage de la bride; nous la supposons égale à environ le cinquième pour les petites dimensions, et le sixième dans les grandes machines du diamètre d du bouton.

Ainsi on a :

$$e = 0.2\,d,$$

ou au moins

$$e = 0.15\,d. \quad [3]$$

Cette épaisseur est plus forte que celle qui correspond à la jonction des deux coquilles, à cause de l'usure qui a lieu précisément suivant l'axe de la verge.

Ainsi, on peut réduire l'épaisseur des côtés latéraux à la vingtième partie environ du diamètre.

$$\text{Soit } e' = 0{,}05\,d + 1 \text{ millim.}$$

La quantité additive 1 millimètre est surtout nécessaire pour les petites dimensions.

Il y a des constructeurs qui ne craignent pas de faire celle-ci à peu près égale à la première, afin d'avoir la facilité de tourner les deux coussinets extérieurement comme une douille d'une seule pièce : telle est la disposition indiquée sur les fig. 6 et 7. Ce mode économise évidemment la main-d'œuvre, mais il exige plus de matière et augmente le volume de la tête.

La largeur, ou portée l, de chaque coussinet est évidemment égale à la

longueur adoptée pour le bouton, c'est-à-dire d'un quart plus grande que le diamètre, afin de présenter assez de surface frottante pour résister longtemps à l'usure, sans cependant dépasser une certaine limite à cause du porte-à-faux.

On a donc $l = 1.25\,d$. [4]

Pour que les coussinets restent bien à la place qu'ils doivent occuper, on a le soin de ménager de chaque côté des joues bien dressées autour, et dont la saillie est au moins égale à la dixième partie du diamètre.

Soit $s = 0.1\,d + 3$ millim. [5]

Bride. — La largeur B de la bride est égale à la portée l des coussinets, moins deux fois l'épaisseur s' réservée aux joues des coussinets; cette épaisseur étant suffisante avec le 1/10 du diamètre d, on a pour B la valeur suivante :

$$B = l - 2s', \text{ ou } B = 1.25\,d - 2\,(0.1\,d);$$

et en résumé :

$$B = 1.05\,d. \quad [6]$$

L'épaisseur maxima $E = 0.3\,d + 2$ millim. [7]

et celle E′ des côtés latéraux qui se trouvent en regard de la jonction des coussinets, est environ 1/10 plus faible.

Soit $E' = 0.2\,d + 2$. [8]

Enfin, l'épaisseur de la partie renflée qui est entaillée pour le passage des clavettes est exprimée par

$$E'' = \frac{d + 0{,}10}{4}. \quad [9]$$

Clavetage. — La largeur moyenne b de la clavette multipliée par son épaisseur c, doit donner une section capable de résister à l'effort dû à la traction et au serrage; nous admettons pour ces dimensions :

$$b = 0.35\,d + 5, \quad [10]$$
$$c = 0.25\,d. \quad [11]$$

Il en est de même pour la contre-clavette. Quant à l'inclinaison de la face, suivant laquelle la clavette est en contact avec la contre-clavette, elle doit être d'environ de 5 à 6° par rapport à la perpendiculaire tracée sur la ligne d'axe de la bielle.

Tête de la bielle. — On a déjà compris que l'épaisseur et la largeur données à l'extrémité ou à la tête de la bielle, sont naturellement déduites de celles du coussinet et de la bride. La section qui est de forme carrée ou plus souvent rectangulaire, est toujours plus grande que celle des extré-

mités de la verge ; elle se raccorde d'ailleurs avec celle-ci comme on le voit sur les fig. 1, 2 et 3, par des arcs de cercle qui forment comme une sorte de congé adouci.

La distance G qui doit exister entre le bord de la mortaise dans laquelle passent les clavettes, et le dos du coussinet, ou pour mieux dire, l'épaulement nécessaire entre l'extrémité et la face verticale de la clavette, est au moins égale à la moitié du diamètre du bouton.

$$\text{Soit } G = 0.5\,d + 5 \text{ millim.} \quad [12]$$

Il en est de même de la saillie G′ des deux branches de la bride, au delà de la contre-clavette.

Quant à la largeur de la mortaise mesurée dans le sens de la longueur de la bielle, elle doit être égale à deux fois la largeur moyenne b, augmentée du jeu nécessaire pour l'usure des coussinets, lequel peut s'élever de 5 à 15 millimètres.

Exemple. — En faisant le diamètre du bouton $d = 100$ millimètres, le calcul effectué, suivant les données précédentes, a pour résultat les dimensions suivantes :

$e = 20$ mill.	$E = 32$ mill.
$e' = 6$	$E' = 22$
$l = 125$	$E'' = 27{,}5$
$s = 13$	$b = 40$
$B = 105$	$c = 25$

et enfin $G = 25$ millimètres.

Nous avons résumé, dans le tableau graphique tracé fig. 10, toutes les proportions des différentes parties de la bielle que nous venons d'examiner. Il sera facile, à la seule inspection de ce tracé, de reconnaître, comme dans celui qui est relatif à la construction des manivelles, les dimensions de chaque partie correspondante au diamètre même du bouton que nous supposons indiqué sur la ligne verticale FH en centimètres ; chacune des obliques Fe', Fs, FE', etc., représente les valeurs successives de

$$e',\ s,\ E',$$

et enfin de G, B, l.

Nous n'avons pu y figurer les valeurs de e et c, qui se seraient confondues avec celles de E′ et de G′.

Au reste, nous avons résumé, dans la table suivante, toutes ces valeurs calculées pour les différentes têtes de bielles en fer, leurs brides et leurs coussinets, en rapport avec les diamètres de boutons, depuis 25 jusqu'à 200 mill.

TABLE RELATIVE AUX DIMENSIONS DES TÊTES DE BIELLES EN FER FORGÉ.

Diamètre du bouton	COUSSINETS.				BRIDES.				CLAVETAGE.		
d.	Épaisseur maximum e.	Épaisseur à la jonction e'.	Portée l.	Saillie des joues s.	Largeur B.	Épaisseur sur l'axe M.	Épaisseur vis-à-vis des coussins. e.	Épaisseur en face de la mortaise e'.	Largeur moy. de la clavicule b.	Épaisseur de la clavicule c.	Épaulement G.
25	5	2.2	31.2	5.5	26.2	9.5	7.0	8.7	13.7	6.2	17.5
30	6	2.5	37.5	6.0	31.5	11.0	8	10	15.5	7.5	20
35	7	2.7	43.7	6.5	36.7	12.5	9	11.2	17.2	8.7	22.5
40	8	3.0	50.0	7.0	42	14	10	12.5	19	10	25
45	9	3.2	56.2	7.5	47.2	15.5	11	13.7	20.7	11.2	27.5
50	10	3.6	62.5	8.0	52.5	17	12	15.0	22.5	12.5	30
60	12	4.0	75.0	9.0	63	20	14	17.5	26	15.0	35
70	14	4.4	87.5	10.0	73.5	23	16	20.0	29.5	17.5	40
80	16	5.0	100	11.0	84	26	18	22.5	33	20	45
90	18	5.8	112.5	12.0	94.5	29	20	25.0	36.5	22.5	50
100	20	6.0	125.0	13.0	105	32	22	27.5	40	25.0	55
110	22	6.5	137.5	14	115.5	35	24	30.0	43.5	27.5	60
120	24	7	150.0	15	126	38	26	32.5	47	30	65
130	26	7.5	162.5	16	136.5	41	28	35	50.5	32.5	70
140	28	8	175	17	147.0	44	30	37.5	54	35	75
150	30	8.5	187.5	18	157.5	47	32	40	57.5	37.5	80
160	32	9	200.0	19	168	50	34	42.5	61	40	85
170	34	9.5	212.5	20	178.5	53	36	45	64.5	42.5	90
180	36	10	225.0	21	189	56	38	47.5	68	45	95
190	38	10.5	237.5	22	199.5	59	40	50.0	71.5	47.5	100
200	40	11	250.0	23	210	62	42	52.5	75	50	105
$d =$	$e = 0.2d$.	$e' = 0.05d + 1$	$l = 1.25d$.	$s = 0.1d + 3$	$B = 1.05d$.	$E = 0.3d + 2$	$E' = 0.2d + 2$	$E'' = \frac{d+10}{4}$	$b = 0.35d + 5$	$c = 0.25d$.	$G = 0.5d + 5$.

EXAMEN DE DIFFÉRENTS MODÈLES DE TÊTES DE BIELLES EN FER FORGÉ.

Bielle des machines atmosphériques de Nanterre (fig. 6 à 9). — On sait qu'à Nanterre, la compagnie du chemin de fer de Saint-Germain avait cru devoir faire établir deux machines à vapeur de la force nominale de 100 chevaux chacune, pour faire marcher de grandes pompes destinées à faire le vide dans le tube du chemin atmosphérique qui devait communiquer avec celui montant du Pecq à Saint-Germain. Cet appareil a été exécuté par l'usine de Seraing, près de Liége, en concurrence avec celui établi sur le haut de Saint-Germain, par M. Halette, d'Arras.

On se rappelle que celui-ci, publié avec détails dans le VI[e] volume de notre Recueil, se compose de 4 machines horizontales, actionnées deux à deux et qui suffisent pour le service du chemin atmosphérique.

L'appareil de Nanterre, qui se compose aussi de deux machines horizontales, a été abandonné, comme n'étant pas nécessaire ; il n'en présente pas moins dans son exécution des choses remarquables que l'on peut prendre comme modèles. Telle est, par exemple, la bielle en fer qui transmet le mouvement du piston à la manivelle motrice.

Cette bielle, représentée en coupe verticale, sur la fig. 6[e], et en section horizontale, sur la fig. 7[e], a beaucoup d'analogie avec celle que nous avons choisie pour type. Nous ferons remarquer, toutefois, que la section de la verge, au lieu d'être ronde, est de forme rectangulaire, comme le montre la fig. 9[e], qui est une coupe faite suivant la ligne 11-12. Le côté le plus large se trouve nécessairement dans le plan vertical suivant lequel la bielle se meut; les coussinets sont ronds extérieurement et d'une épaisseur uniforme, ce qui a permis de les tourner pour les ajuster dans leur bride qui est également de forme arrondie à l'extérieur, comme l'indique la coupe fig. 8[e] qui est faite suivant la ligne 9-10.

Le clavetage se compose d'une clavette et de deux contre-clavettes ou clés à double talon.

Cette bielle paraît très-belle en exécution et transmet une force effective de 100 chevaux, avec une vitesse moyenne de 45 révolutions par minute.

Petite bielle d'accouplement (fig. 11). — La tête de bielle dessinée de face et de profil sur la fig. 11, est un modèle que l'on emploie souvent, soit dans les parallélogrammes des machines à balancier, pour relier les guides, soit comme bielle ordinaire dans les machines de petites forces. La tête entière est forgée avec la tige ou la verge, et les coussinets qui y sont rapportés, sont ajustés vifs et sans joue. Pour la mettre en place, on commence par monter les coussinets autour du bouton ou du tourillon même. Ils s'y trouvent naturellement maintenus par les embases qui limitent la portée de celui-ci ; on passe alors la bielle dont l'ouverture, qui reçoit les coussinets, est nécessairement plus grande que les embases ; on introduit

ensuite la clavette qui pénètre d'une petite quantité dans l'entaille ménagée au coussinet inférieur et qui retient le tout solidaire. Quand les coussinets sont usés et qu'il faut les rapprocher pour regagner le jeu, on serre non-seulement par la clavette, mais encore par la vis de pression *v*, afin de ne pas déplacer le centre, et par suite de ne pas changer la longueur de la bielle.

Bielle fourchue a tête simple (fig. 12 et 13). — Ce genre de bielle est assez souvent en usage pour transmettre le mouvement d'une machine à vapeur, aux pompes à eau froide ou d'alimentation. Elle se divise en deux branches pour s'assembler aux deux tourillons du balancier ou de toute autre pièce susceptible de lui transmettre un mouvement de va-et-vient. Sa construction particulière convient d'ailleurs tout aussi bien à une bielle simple.

La fig. 12 est une élévation vue de face de cette tête de bielle, et la fig. 13 en est un plan, l'une des branches vue en dessus, et l'autre coupée à la hauteur du centre du tourillon.

On voit que chaque branche présente un enfourchement dont l'ouverture est tournée au dehors; les coussinets s'y ajustent en les introduisant par le bout, et sont retenus latéralement par les joues saillantes qu'il porte de chaque côté. On les serre au degré convenable au moyen d'une clavette, qui d'un côté s'appuie sur le coussinet extérieur, et de l'autre contre la clé à talon qui maintient l'écartement des deux parties de la fourche. Le corps de la tige ou de la verge A est généralement forgé méplat, mais légèrement arrondi sur les deux côtés les plus minces.

Bielle d'accouplement avec coussinets sphériques (fig. 14 et 15). — La tête de cette bielle ressemble, par sa construction, à celles des bielles dites de connexion, adoptées dans les machines locomotives à marchandises.

Elle est formée d'une seule pièce forgée avec la verge, sans parties démontantes pour l'introduction des coussinets. Pour mettre ces derniers à la place qu'ils doivent occuper, on les passe successivement par l'évidement *o* qui a été ménagé à cet effet, puis on les fait glisser de gauche à droite sur la partie intérieure dressée, sur laquelle ils se trouvent naturellement retenus par leurs joues latérales.

La clavette et la contre-clavette au moyen desquelles on effectue le serrage, diffèrent un peu dans leur construction de celles indiquées précédemment; c'est un des talons mêmes que l'on a prolongés pour recevoir la pression de l'écrou.

L'intérieur des coussinets, ainsi que le bouton qu'ils doivent embrasser, ont la forme sphérique, afin d'éviter le dérangement résultant d'un défaut de parallélisme entre les points extrêmes.

Les deux têtes d'une bielle d'accouplement ont une disposition opposée par rapport à la verge, c'est-à-dire qu'à l'une des extrémités le clavetage se trouve entre la tige et les coussinets, comme on le voit sur les fig. 14 et 15,

tandis qu'à l'autre extrémité, ce sont au contraire les coussinets qui se trouvent entre la tige et le clavetage. Cette disposition est nécessaire pour conserver invariablement la distance des centres ou la longueur de la bielle, malgré le serrage des clavettes et le rapprochement des coussinets.

Dans ce genre de bielle, la verge est généralement méplate, dressée et polie partout, et les champs tournés.

Bielle d'une machine de navigation (fig. 16 et 17). — On sait que dans les machines oscillantes, que l'on applique beaucoup aujourd'hui dans les bateaux à vapeur, la tige du piston se relie directement au bouton des manivelles, de sorte que la tête qui forme l'assemblage est considérée comme une tête de bielle.

Les fig. 16 et 17 représentent, en élévation latérale et en coupe verticale, un modèle d'une telle pièce, que nous avons relevée sur l'appareil du *Flambard*, exécuté par M. Nillus, du Havre, pour la marine de l'État.

On sait que cet appareil, de la force nominale de 120 chevaux, a été envoyé à l'exposition de 1849, où l'on a pu admirer sa bonne exécution.

Cette tête de bielle se compose de 3 parties distinctes, savoir :

1° La douille en fer A, qui est alésée intérieurement et ajustée sur le sommet de la tige B où elle est retenue par une clé méplate *a* ;

2° Les coussinets en bronze C, C', qui embrassent le bouton des deux manivelles accouplées analogues à celles représentées sur la planche 19 ;

3° Le chapeau en fer D, qui surmonte les coussinets et qui se relie à la douille A par les deux forts boulons E.

La douille A se termine par une partie plate, allongée et bien dressée, sur laquelle repose et s'applique exactement la base du coussinet inférieur C. Le chapeau D a la même forme pour recevoir le coussinet supérieur qui est légèrement encastré à son centre. Ce chapeau porte un godet graisseur à mèche capillaire, pour conduire l'huile à la surface du tourillon. Les coussinets sont fondus avec des oreilles traversées par les boulons d'assemblage ; ils se touchent exactement afin que ceux-ci ne puissent pas, par un excès de serrage, rendre l'articulation trop dure.

Cette disposition de tête de bielle convient parfaitement pour des machines oscillantes d'une grande puissance, comme celles qui sont montées à bord des navires où on doit chercher à éviter le plus possible les réparations, ou au moins à les rendre plus faciles à faire, quand elles sont nécessaires. On voit par la fig. 16 que le constructeur a ménagé, au contact des coussinets, des allégissements, afin d'avoir moins à toucher à la lime quand ils ont pris du jeu et qu'il faut les resserrer.

Il est aisé de reconnaître, par la fig. 17, que les boulons d'assemblage E sont exécutés exactement suivant les principes exposés précédemment pl. 3, au sujet des proportions uniformes des boulons et des écrous à filets carrés.

Les dimensions données à cette tête de bielle correspondent à la force

nominale de 60 chevaux, pour un cylindre oscillant dont le diamètre est de 1m10.

BIELLE D'UN APPAREIL A HÉLICE (fig. 18 et 19). — Ce modèle de bielle est appliqué sur l'appareil du navire à hélice *la Biche*, construit par MM. Mazeline, du Havre, et que nous avons publié avec détails dans le VIIe volume de ce Recueil.

Sa construction présente beaucoup d'analogie avec celle indiquée sur les fig. 14 et 15; ainsi la tête est aussi forgée avec la verge et tournée comme elle sur les champs; les coussinets y sont ajustés de la même manière et serrés par une clavette à double écrou avec rondelle ou douille en cuivre comme dans les premiers modèles décrits.

On se rappelle que les machines auxquelles ce genre de bielle est appliqué sont horizontales, et chacune de la force nominale de 60 chevaux.

TÊTE DE BIELLE EN CUIVRE (fig. 20). — Dans ce modèle, les coussinets proprement dits forment la tête même de la bielle; cette disposition est particulièrement appliquée dans les machines de faible puissance pour éviter le travail d'ajustement. Les deux coussinets sont fondus en bronze avec des oreilles qui permettent de les réunir par deux boulons ou deux vis taraudées dans la matière même. L'un d'eux, celui inférieur, est en outre fondu avec une douille ou portée cylindrique, creuse, qui s'ajuste sur le sommet de la verge en fer qui forme le corps de la bielle et à laquelle il est retenu par une clavette. Le second coussinet est fondu de son côté, avec un godet graisseur que l'on recouvre d'un petit couvercle pour garantir l'huile de la poussière.

BIELLE EN BOIS (fig. 21 et 22).— Ce dernier système est réellement intéressant par les applications particulières que l'on en fait dans certaines machines, où l'on craint surtout les vibrations ou les chocs comme, par exemple, dans les scieries à débiter les bois et dans les machines d'épuisement, telles que celles de Cornouailles que nous avons publiées dans le VIe volume.

Le modèle représenté sur l'élévation (fig. 21) et la coupe transversale (fig. 22), appartient à une scierie à cylindres propre à débiter les planches, et transmet le mouvement du moteur au porte-scie avec une vitesse qui n'est pas moins de 250 révolutions par minute.

La verge A est en bois qui est à la fois dur, roide et flexible; sa section est rectangulaire, plus forte au milieu qu'aux extrémités. Chaque tête proprement dite se compose d'une pièce en fer forgé B, ayant la forme d'une fourche dont les branches sont très-prolongées, afin d'embrasser la tige en bois sur une certaine étendue, et de s'y fixer solidement par plusieurs boulons; et pour soustraire ceux-ci à l'effort de traction longitudinale, on ménage, à l'intérieur des branches, des petits talons que l'on entaille dans le bois. Les coussinets C sont en bronze et ajustés vifs dans la chape, puis serrés par une simple clavette qui est légèrement entaillée dans l'un d'eux.

Comme on cherche généralement à faire ces sortes de bielles très-légères, on leur fait supporter des efforts assez considérables ; il est utile cependant, pour éviter des ruptures et des accidents, de ne pas les charger au delà de 40 à 50 kilog. par centimètre carré, vers les sections extrêmes, qui sont les plus faibles.



MÉTALLURGIE.

MOYEN DE SOUDER L'ACIER, LE FER OU D'AUTRES MÉTAUX AVEC LA FONTE,

Par M. JOHN PETERS, des Etats-Unis.

M. Peters s'est fait breveter récemment en France pour un procédé propre à revêtir la surface des pièces de fonte avec l'acier fondu, l'acier ordinaire, le fer forgé ou d'autres métaux.

La première opération consiste à blanchir ou à polir par un moyen quelconque la face même des plaques métalliques qu'il veut unir à la fonte, et de les mettre dans le moule disposé pour couler celle-ci, exactement à la place qu'elles doivent occuper pour s'appliquer à la pièce fondue. Une excavation est ménagée du côté opposé, dans le moule, afin d'y recevoir une quantité suffisante de métal en fusion capable de chauffer l'acier à un certain degré de température, un peu avant la coulée, et de produire, par suite, la dilatation nécessaire.

Pour obtenir ce résultat, l'auteur a jugé utile de composer une boîte métallique correspondante aux dimensions mêmes de la plaque d'acier qui doit être unie à la fonte. Les parois intérieures de cette boîte sont garnies d'une couche assez épaisse de terre grasse, pour la garantir contre la chaleur intense du métal fondu.

Des brides à vis sont fixées sur les côtés de la boîte pour empêcher les plaques de se gauchir lorsque les pièces sont d'une grande dimension. Les jets par lesquels passe la fonte en fusion, pour se joindre à l'acier, doivent être disposés de telle sorte qu'elle ne puisse arriver directement sur la surface préparée de celui-ci, mais bien latéralement, afin de laver cette surface à son passage.

La plaque d'acier est enduite d'une couche de *borax calciné*, ou d'autre fondant analogue, si on doit y couler la fonte immédiatement. Mais lorsque le moule doit rester plusieurs heures avant la coulée, on l'enduit d'un amalgame composé de six parties de borax cru, que l'on fait calciner lentement, et que l'on pulvérise très-fin, d'une partie de carbonate d'ammoniaque, que l'on réduit également en poudre fine, et que l'on a le soin de bien mélanger avant d'en faire usage.

L'auteur assure que, par cette méthode, il peut recouvrir la fonte, pendant la coulée, de toute espèce de méta', et lui donner ainsi les propriétés particulières qu'on peut désirer, en s'appliquant aux grandes comme aux petites pièces.

MÉTIERS CIRCULAIRES A TRICOTER,

SYSTÈME DE CUEILLAGE DIT MAILLEUSE-GILLET, BREVETÉ LE 15 JUIN 1849.

Lorsque nous avons publié, à la fin du septième volume, le compte rendu des diverses inventions qui avaient pu aider à la perfection ou à la transformation des métiers circulaires à tricoter, nous avons dû puiser nos renseignements aux sources officielles des brevets d'invention, aux rapports des sociétés savantes ou aux données officieuses qui nous paraissaient offrir la garantie de l'honorabilité ou de la science.

Malheureusement, quelques inventeurs, dont la modestie égale le savoir, ont gardé vis-à-vis de nous un silence qui nous a fait commettre quelques erreurs. C'est ainsi qu'en parlant de M. Gillet, mécanicien à Troyes, dont nous avons d'ailleurs apprécié et dont nous apprécions tout le mérite, nous avons dit : que les principes d'une mailleuse brevetée en sa faveur, en date du 15 juin 1849, n'étaient pas tous de son invention. Il nous a été démontré l'erreur d'une telle assertion, et nous sommes d'autant plus à l'aise pour le reconnaître, qu'il nous était pénible alors, en n'envisageant que la notoriété des brevets, de refuser à M. Gillet le mérite des idées mécaniques qu'il indiquait.

Il est donc entendu maintenant que M. Gillet est réellement inventeur de toutes les parties constituant le système de mailleuse breveté en sa faveur en 1849, ainsi que le constatent les divers certificats que nous avons eus sous les yeux.

CONSTRUCTION DE MACHINES.

BIELLES MOTRICES EN FONTE,

Par M. ARMENGAUD, aîné, Ingénieur.

(PLANCHE 25.)

Les bielles en fonte sont plus particulièrement appliquées aux machines à vapeur à balancier. Depuis le célèbre Watt, qui a tant perfectionné la construction de ces moteurs, jusqu'à ces dernières années, la plus grande partie des machines, à basse, à moyenne et à haute pression, avaient été établies sur ce système. La bielle motrice en fonte est surtout applicable dans les appareils où elle doit fonctionner verticalement. Adaptée à l'extrémité du balancier qui est opposé au point d'attache de la tige du piston, elle a l'avantage de faire à peu près équilibre au poids de celui-ci et des pièces du parallélogramme qui dirige son mouvement rectiligne.

Les machines à balancier sont plus dispendieuses à égalité de puissance nominale que les autres systèmes, parce qu'elles sont plus lourdes, plus massives, et d'autant plus qu'elles ne permettent pas de marcher à de grandes vitesses; mais aussi elles ont le mérite, lorsqu'elles sont bien construites et bien montées, de marcher avec régularité et très-longtemps, sans occasionner de grandes dépenses pour les réparations. Elles ont encore l'avantage de présenter un coup d'œil monumental qui ne doit pas être négligé, surtout lorsqu'elles sont destinées aux établissements publics dans lesquels on est toujours moins restreint pour l'emplacement que dans les établissements particuliers.

C'est surtout dans les machines à deux cylindres, dites de Woolf, qui jusqu'à présent ont presque toutes été faites à balancier, que ces bielles en fonte trouvent constamment leur application. Ces machines sont aujourd'hui trop répandues, pour que nous n'ayons pas cru nécessaire d'étudier d'une manière particulière la construction des bielles en fonte, et par suite les proportions que l'on doit donner à chacune des parties qui les composent, comme nous l'avons fait précédemment pour les bielles en fer forgé.

STRUCTURE DE LA BIELLE EN FONTE CHOISIE COMME MODÈLE,
(Fig. 1 à 6, pl. 25.)

La fig. 1re représente à l'échelle de 1/18 la vue d'ensemble d'une bielle en fonte que nous avons prise pour type. Cette bielle, appliquée aux belles machines à deux cylindres construites par M. Moulfarine pour la Monnaie de Paris, ressemble aux bons modèles donnés par Watt et imités par les constructeurs anglais.

Elle est fondue d'une seule et même pièce depuis sa partie inférieure qui s'assemble au bouton de la manivelle jusqu'à la fourche qui la termine par le haut pour se suspendre aux tourillons de l'extrémité du balancier.

Les fig. 2 et 3 montrent au 1/10e d'exécution une vue de face et une section verticale faite par l'axe 1-2 de la première partie, celle inférieure, avec les coussinets qu'elle renferme et leur clavette de serrage.

La fig. 4 est une coupe horizontale faite à la hauteur de la ligne 3-4.

On voit que la bride ou la tête renflée A de cette extrémité inférieure de la bielle est entièrement fermée pour recevoir les deux coquilles ou coussinets en bronze *a* et *a'* qui y sont ajustés avec beaucoup de soin, mais sans jouer pour ne pas augmenter la portée du tourillon. Le premier de ces coussinets, celui *a*, est fondu avec une saillie qui se loge dans la mortaise ménagée à la fonte, et qui l'empêche de glisser dans le sens de l'axe, comme sa forme demi-octogonale l'empêche de tourner. Le second, celui du haut, *a'*, est dressé suivant une surface plane au-dessus pour recevoir une sorte de dame en fer ou en acier *b*, dans laquelle est entaillée la clavette de serrage *c* qui traverse toute la largeur de la tête.

Cette clavette qui est méplate, posée de champ, est peu conique, et par cela même très-prolongée pour permettre de regagner l'usure des coussinets; son côté inférieur qui porte sur la dame est horizontal; par son peu de conicité elle est peu susceptible de se desserrer. Cependant, pour plus de sûreté, des constructeurs ont le soin de la fendre par le plus petit bout, et d'y enfoncer un coin; mais il est évidemment préférable de la faire à vis, comme nous l'avons indiqué pour les bielles en fer, parce qu'alors on n'est pas dans l'obligation de frapper sur la tête avec une masse, et par conséquent on ne risque pas de la détériorer.

La forme de la tête, vue de face, est elliptique (le petit axe étant horizontal), pour laisser plus de fonte dans le bas : le contour étant tourné présente une sorte d'ove ou d'ellipsoïde de révolution, coupé par les deux faces verticales sur lesquelles se terminent les coussinets.

Ces faces qui sont aussi dressées, afin d'être exactement en contact avec les embases du bouton de la manivelle, désaffleurent par cela même d'une légère quantité celles qui limitent l'épaisseur de la bielle, comme l'indique la coupe fig. 3.

La partie qui reçoit la clavette est aussi plus large (fig. 2) pour conserver à la tête la force nécessaire, malgré la mortaise qui y est pratiquée.

Cette partie se raccorde avec la tige A′ qui forme le prolongement du corps proprement dit de la bielle. Elle est cylindrique jusque près du cordon f (fig. 1), mais coupée cependant suivant deux faces verticales et parallèles qui diminuent légèrement sa section, afin de présenter un léger dégagement, nécessité par le passage de la manivelle dans le mouvement de rotation continu. C'est pourquoi le cordon f doit être assez haut pour se trouver au-dessus de l'œil de cette manivelle, lorsqu'elle est verticale et dans la position inférieure de la course.

Le corps proprement dit de la bielle compris entre les deux cordons ff', se compose de quatre fortes nervures qui se raccordent par des congés, de manière à présenter en section horizontale une sorte de croix à quatre branches, comme le montre la fig. 5. Comme il est utile que la bielle ne vibre pas pendant le travail, on la renforce vers le milieu, en donnant alors aux nervures une forme parabolique qui augmente sensiblement la section comparativement aux extrémités.

La partie supérieure de la bielle se termine par deux branches E qui forment fourche comme on le voit sur les détails, fig. 6 et 7, qui représentent cette tête supérieure vue de face et de côté. Les deux branches présentent sur les deux faces opposées une partie dressée sur laquelle s'appliquent exactement les parois intérieures des brides en fer F qui servent à retenir les coussinets en bronze e par lesquels sont embrassés les tourillons fixés à l'extrémité des balanciers. Chacune de ces brides est retenue à la place qu'elle doit occuper par la clavette c' qui est ajustée entre les deux clefs à talons c^2, dont les deux côtés extérieurs sont parallèles entre eux et perpendiculaires à l'axe de la bielle.

DIMENSIONS DES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA BIELLE.

L'effort auquel une bielle en fonte doit résister est, comme pour celles en fer, égal à la pression totale maximum qui a lieu sur le piston à vapeur, en admettant que les deux bras du balancier à l'extrémité duquel elle est suspendue soient de même longueur, ce qui existe le plus généralement; dans le cas contraire, il faudrait multiplier cette pression par le rapport entre les longueurs de chaque bras, et le produit exprimerait l'effort réel sur la section de la bielle.

Sections du corps. — On est dans l'usage en pratique de faire supporter une charge de 30 à 35 kilogrammes vers les extrémités, et seulement 20 à 25 kilogrammes vers le milieu, pour éviter la flexion.

On a vu que près des cordons f et f' la section est circulaire; si on admet qu'elle soit chargée au maximum de 35 kilogrammes par centimètre carré, on détermine son diamètre en tenant compte de la réduction provenant des parties méplates qui existent sur la portion inférieure A′ par l'expression suivante :

$$D = \sqrt{\frac{P}{23,6}}.$$

Admettons donc celui-ci connu, nous pourrons établir les diverses proportions des coussinets et de chaque partie de la tête inférieure par les relations suivantes :

Soit O la largeur de l'ouverture pratiquée dans cette tête pour recevoir les coussinets, nous ferons

$$O = 1.35\,d - 7^{\text{mill.}}$$

Cette largeur est évidemment aussi celle extérieure des coussinets.

La hauteur u ou la distance du centre du bouton à la partie supérieure de l'ouverture est

$$u = 0.5\,d - 4.$$

La hauteur u' ou la distance du même centre, à la partie supérieure de l'ouverture devient

$$u' = 0.7\,d - 2.$$

Ces valeurs donnent à l'épaisseur des coussinets mesurée verticalement sur l'axe de la bielle

$$E = 0.3\,d - 2,$$

et par suite une même épaisseur à la dame en fer k.

L'épaisseur totale de la tête est égale à la longueur même du bouton ou des coussinets : on se rappelle que cette longueur est généralement d'un quart en plus du diamètre, soit

$$L = 1.25\,d.$$

Les dimensions de la tête suivant l'intersection qui a la forme elliptique (fig. 1 et 2) peuvent s'exprimer ainsi :

Grand axe de l'ellipse $X = 2.70\,d + 1$ mill.
Petit axe *id.* $x = 2.25\,d - 7$

La largeur moyenne de la clavette c est à peu près égale à

$$0.35\,d - 5,$$

et son épaisseur

$$= \text{à } 0.25\,d.$$

Comme elle est parfaitement soutenue sur une grande partie de sa longueur, il est inutile de dépasser ces dimensions.

Nous avons également réuni dans la table suivante les dimensions de ces diverses parties de la tête inférieure des bielles en fonte en les calculant d'après les valeurs précédentes, et en admettant que l'on connaisse le diamètre du bouton en fer forgé fixé dans l'œil des manivelles correspondantes.

LE DES PROPORTIONS RELATIVES AUX COUSSINETS ET A LA TÊTE INFÉRIEURE DES BIELLES EN FONTE.

m. a ition fer.	EMPLACEMENT DES COUSSINETS.			DIMENSIONS EXTÉRIEURES DE LA TÊTE.			Largeur de la clavette.
		HAUTEUR.		ELLIPSE.			
	Largeur.	Du centre en haut.	Du centre en bas.	Grand axe.	Petit axe.	Épaiss.	
.	O.	*m*.	*m'*.	X.	*x*.	L.	*c*.
lim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
55	88	63	48	180	158	84	28
58	94	65	50	188	160	85	29
72	97	69	52	198	169	90	30
75	101	72	55	207	176	94	31
78	105	74	57	215	183	98	32
80	107	76	58	220	187	100	33
83	111	79	60	228	194	104	34
86	115	81	62	236	200	108	35
88	117	83	64	242	205	110	36
90	120	85	65	247	210	113	37
92	122	87	66	252	214	115	37
96	130	92	71	260	228	123	39
)2	135	96	73	279	237	128	41
)6	140	99	76	290	246	133	42
10	145	103	79	301	255	138	44
14	150	107	82	312	264	143	45
17	153	109	84	320	270	146	46
20	157	112	86	328	277	150	47
23	161	115	88	336	284	154	48
26	165	117	90	344	291	158	49
29	168	120	92	352	297	161	50
32	172	123	94	360	304	165	51
34	175	125	96	366	309	168	52
37	178	127	98	374	315	171	53
40	182	130	100	382	322	175	54
.	$O=1.25d+7$	$m=0.9d+4$	$m'=0.7d+2$	$X=2.7d+4$	$x=2.25d+7$	$L=1.25$	$c=0.35d+5$

DIMENSIONS DE LA FOURCHE OU DE LA TÊTE SUPÉRIEURE.

IAMÈTRE DES TOURILLONS. — Nous avons dit que la bielle est généra- ient suspendue à l'extrémité du balancier qui lui transmet son mouve- nt ; l'axe qui forme cet assemblage a ses deux tourillons embrassés par coussinets de bronze *e* (fig. 6 et 7) ; le diamètre de ces tourillons peut léterminer par l'expression suivante :

$$d' = 0{,}8\,d,$$

parce que chacun d'eux supporte une charge qui est égale à la moitié de la pression totale exercée sur le bouton ; par conséquent, lorsqu'on a calculé le diamètre de celui-ci il devient très-facile de trouver celui d des tourillons.

On fait également leur longueur égale à leur diamètre, ou le dépassant peu, ce qui est suffisant, parce que le frottement, et par suite l'usure est moins à redouter que pour le bouton. Il est d'ailleurs essentiel de réduire autant que possible le volume total de la tête qui paraît toujours trop saillante.

Dimensions des coussinets, des brides et des cales. — La longueur des coussinets, et par suite la largeur des deux branches de la fourche qui les reçoit est aussi la même. On peut donc écrire :

$$L' = d'.$$

On comprend que pour les dimensions des brides en fer et des clavettes qui les retiennent sur les branches de la fourche on peut les déterminer, comme pour celles des têtes de bielles en fer à chape auxquelles elles sont identiques.

La section de la fourche faite vers la ligne 1-2 (fig. 6), doit toujours présenter une grande résistance; pour cela on la fait au moins égale à celle de la partie cylindrique du corps de la bielle, en ayant le soin de grossir les angles par de larges congés, comme le montre bien la fig. 6.

Quant à l'écartement intérieur des deux branches, on doit naturellement le déterminer d'après la grosseur, c'est-à-dire l'épaisseur du bout du balancier qui reçoit l'axe auquel il est suspendu.

La bielle en fonte que nous avons choisie pour type appartient comme nous l'avons dit à une machine à vapeur à deux cylindres, construite par M. Moulfarine, pour l'hôtel de la Monnaie de Paris. Cette machine, établie pour la force nominale de seize chevaux, comme on l'a vu dans le VIIe volume de ce Recueil, marche simultanément avec une autre de même puissance, à la pression moyenne de cinq atmosphères. On voit par le dessin que cette bielle est à peu près semblable, sous le rapport des formes et des proportions, à celles adoptées par Watt et ses successeurs dans les machines à basse pression.

BIELLE EN FONTE DE MACHINE A VAPEUR

A DEUX CYLINDRES,

Construite par M. EDWARDS.

Les fig. 8 à 14 représentent les détails d'une bielle en fonte en deux pièces, appliquée à la machine à vapeur à deux cylindres de la force nominale de 30 chevaux, construite dans les anciens ateliers de Chaillot, par

l'habile ingénieur M. Edwards, et qui fonctionne encore aujourd'hui aux ateliers du chemin de fer de Saint-Germain (1).

La fig. 8 est une vue de face extérieure de la tête à fourche qui s'assemble avec le balancier.

La fig. 9 en est une section verticale faite par l'axe.

La particularité qui existe dans la construction de cette tête à fourche c'est qu'au lieu d'être fondue avec le corps de la bielle, elle est au contraire en fer forgé, puis ajustée et fixée sur la partie en fonte au moyen d'un fort boulon G, que l'on y retient solidement par la clavette de serrage *c* et la clé à talons *c'*.

Sur les deux branches E de la fourche sont également rapportées comme précédemment les deux brides en fer F, qui embrassent et retiennent les coussinets de bronze *e*.

La fig. 10 est une section horizontale faite à la hauteur de la ligne 7-8, pour montrer la forme des cannelures pratiquées à la partie supérieure du corps de la bielle entre les deux cordons *f* et *g*.

Les fig. 11 et 12 représentent aussi de face et en coupe verticale la partie inférieure de la même bielle, qui ne diffère de celle de la précédente que par la forme des coussinets dont les fig. 13 et 14 donnent les détails sur une plus grande échelle.

Ces coussinets sont alésés intérieurement suivant la forme sphérique qui correspond à celle donnée au bouton de la manivelle avec laquelle la bielle doit s'assembler. Comme dans la disposition de la machine, les paliers de l'arbre moteur sont posés sur une fondation indépendante de celle du balancier et du cylindre, le constructeur a voulu, en adoptant cette forme sphérique, parer au tassement et au défaut de parallélisme. On comprend en effet que ce mode d'assemblage à rotule soit très-convenable, seulement il est plus difficile d'exécution et il exige nécessairement des proportions plus grandes.

Les deux coussinets *a*, *a'* portent une joue qui est encastrée dans l'épaisseur de la fonte, celui inférieur y est retenu par trois petites vis, et celui du dessus y est retenu par une saillie rectangulaire *b* qui se trouve serrée derrière la clavette lorsque le tout est en place.

La construction de cette bielle est comme on le voit très-remarquable et présente beaucoup de solidité, mais son prix de revient plus élevé lui fait nécessairement préférer le système de bielle complétement en fonte et d'une seule pièce.

BIELLE EN FONTE D'UNE MACHINE A BALANCIER,

Construite par M. MILLUS, du Havre.

Les fig. 15 à 20 représentent un autre type de bielle que nous avons déjà fait remarquer dans le dessin de la machine à vapeur à deux cylin-

(1) Nous apprenons que cette machine est sur le point d'être vendue.

dres, décrite dans le VIIe volume, et qui a été construite plusieurs fois par M. Nillus, du Hâvre. Cette bielle se distingue aussi par plusieurs particularités et peut être donnée comme un exemple de bonne construction. Elle remplit par sa disposition une condition très-importante, celle de ne pas varier la longueur totale de centre en centre, malgré l'usure des tourillons et des coussinets, parce que l'on peut toujours rectifier le jeu et par suite la dimension avec facilité.

Les fig. 15 et 16 en donnent la partie supérieure en élévation de face et en coupe verticale par l'axe, elles montrent que les deux branches E de la fourche sont terminées en forme de cylindres verticaux, traversés dans toute leur hauteur par les forts boulons à filets carrés F que l'on retient en dessus et en dessous à l'aide des écrous G. La tête de ces boulons présente un œil elliptique dans lequel s'ajustent les coussinets de bronze *e*, qui sont fondus avec une joue d'un côté, et serrés par la clavette *c* dont l'extrémité traverse une petite douille en cuivre *c'* sur laquelle s'applique l'écrou qui doit la rappeler.

On conçoit alors que par cette disposition, si par suite d'usure on a rapproché le coussinet inférieur de celui supérieur en serrant la clavette *c*, on peut toujours, pour conserver à la bielle sa longueur réelle, redescendre de la quantité nécessaire les deux boulons de suspension F, en desserrant d'abord les écrous G et en les resserrant ensuite.

Les fig. 18 et 19 montrent aussi de face et de côté les détails de la même bielle, la fig. 20 en est une section horizontale faite vers la hauteur de la ligne 11-12.

On voit encore par ces figures que cette partie diffère aussi de celle correspondante des bielles précédentes; ainsi les deux coussinets qui sont ajustés vers le milieu du renflement A sont au nombre de quatre au lieu de deux, ajustés les premiers dans le bas et les seconds dans le haut, suivant des plans inclinés et ramenés au centre à la fois par les clavettes à vis *d* et l'intermédiaire des cales *i*, lorsqu'on serre les écrous qui surmontent les douilles en cuivre *h*.

Ces mêmes coussinets sont maintenus latéralement, non-seulement par leur ajustement à queue mais encore par l'épaisseur des cales *i* qui y sont en partie encastrées.

Dans cette disposition la longueur du bouton qui est embrassé par les coussinets est assez considérable, parce qu'on a donné à la bielle une épaisseur proportionnellement plus forte que celle indiquée dans les autres systèmes, mais on a eu le soin, pour diminuer la section de la fonte, de ménager des gorges ou des espèces d'évidements extérieurs.

Quant à la forme du galbe ou du corps de la bielle, elle se compose de quatre fortes nervures garnies de forts chanfreins dans les angles, on a pu d'ailleurs se faire une idée exacte et complète de l'ensemble de cette bielle sur le dessin pl. 26, tome VII.

MACHINE A FORGER

A PLUSIEURS MATRICES ET MARTEAUX

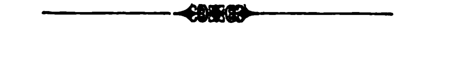
APPLICABLE A LA FABRICATION DES BROCHES DE FILATURE

ET D'UN GRAND NOMBRE D'AUTRES PIÈCES

EN FER OU EN ACIER,

Patenté en Angleterre au nom de **M. RYDER**, de Boston.

(PLANCHE 26.)



Tous les visiteurs qui sont allés à l'Exposition universelle de Londres se sont arrêtés, avec curiosité, devant l'intéressante et ingénieuse petite machine à forger les broches de filature que l'on faisait fonctionner avec une rapidité extrême, en opérant toutefois, comme essais, sur des tiges de métal tendre, parce qu'on marchait seulement à la main et non par moteur.

Persuadé que cette machine est appelée à rendre, dans un grand nombre de fabrications, de véritables et d'utiles services pour le forgeage ou le martelage d'une foule de pièces en fer ou en acier, qui ont besoin d'être parfaitement corroyées, nous avons dû la relever avec détails afin de la faire connaître dans ce Recueil. Si les marteaux-pilons qui agissent directement par la vapeur se sont généralement bien répandus dans les forges et dans les ateliers de construction, l'appareil que nous allons décrire devra également se répandre dans diverses usines et manufactures pour préparer bien des objets qui jusqu'ici ont été forgés à la main.

Ainsi, par exemple, pour la fabrication des gros clous, des vis, des boulons, des écrous, comme pour celle des lames de couteaux, des rasoirs, des limes, etc., nous pensons qu'un tel appareil, avec des matrices convenables, serait parfaitement applicable, et permettrait d'opérer avec plus de rapidité et d'économie que par le travail manuel.

M. Sirot père, manufacturier très-recommandable de Valenciennes, et qui ne fabrique pas moins par année de six à huit cent mille kilogrammes

de chevilles en fer et en cuivre pour chaussures, s'est fait breveter en 1851 pour un système de clous coniques à forte tête carrée, dits de montage, destinés particulièrement aux bottiers et cordonniers, avec une application heureuse d'un genre de machine analogue à celle anglaise, afin de fabriquer les clous mécaniquement, et remplacer ainsi avec avantage les marteaux à main.

Le système se compose d'une série de petits marteaux verticaux et de matrices en acier entre lesquels on allonge d'abord la barre de fer carrée, préalablement chauffée au rouge, puis on l'arrondit pour former la tige conique du clou, et on termine celui-ci en imprimant à la tête les crans qui doivent s'y trouver, et enfin on coupe le clou ainsi fabriqué pour le séparer de la barre dont on l'a tiré.

Comme les marteaux fonctionnent avec une grande vitesse, l'ouvrier, qui a les mains entièrement libres, n'a jamais d'autre travail à faire que de présenter successivement le bout de la barre qu'il tient entre ses tenailles d'une matrice à l'autre. Ce n'est que dans des cas accidentels que la machine s'arrête; aussi les opérations se succèdent avec une grande rapidité et pour ainsi dire sans aucune interruption.

Suivant l'auteur de l'*Artizan* (1), qui a aussi parlé très-avantageusement de la machine à forger de M. Ryder, on peut faire une très-grande quantité d'ouvrages divers, de formes simples et de dimensions uniformes; telles sont les broches, auxquelles l'inventeur fait de son appareil une application particulière.

Pour montrer l'économie qui en résulte dans la fabrication, comparativement au travail ordinaire, il annonce qu'un seul homme peut faire, avec cette machine, dix-sept douzaines de broches (soit 204) par journée de douze heures, ces broches ayant 0m 38 de longueur, et coniques de 10 à 3 millimètres de diamètre environ, et on lui paie pour ce travail 50 centimes de main-d'œuvre par douzaine, ce qui lui fait par conséquent 8 fr. 50 c. par jour. Or, en opérant manuellement, l'ouvrier habile ne peut en forger plus de six douzaines dans le même temps; de sorte que tout en lui donnant 1 fr. par douzaine, sa journée ne s'élève encore qu'à 6 fr.

Dans plusieurs autres travaux, l'économie pourra être beaucoup plus considérable encore; ainsi pour les limes, par exemple, l'auteur estime que le prix de revient pour la forge serait à peine le tiers de ce qu'il est actuellement.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A FORGER.

La fig. 1re du dessin, planche 26, représente une élévation vue de face et une portion vue en coupe de cette machine toute montée.

(1) *The Artizan*, journal industriel publié mensuellement à Londres, et paraissant comme notre revue, le *Génie industriel*, par cahiers composés de plusieurs feuilles de texte et de différentes planches gravées ou lithographiées et avec figures sur bois.

La fig. 2 en est un plan général, partie vue en dessus et partie vue coupée à la hauteur de la ligne 1-2.

La fig. 3 est une section verticale et transversale, faite suivant la ligne 3-4.

Et les fig. 4 à 9 sont des détails des parties principales du mécanisme, comme des marteaux et des matrices.

On voit par ces figures que l'appareil, monté sur un bâtis en fonte solide A, se compose d'un arbre de couche en fer B, qui est renflé sur plusieurs points afin de former une suite d'excentriques circulaires C destinés à faire descendre successivement les tiges verticales ou pistons D, dont la tête est garnie d'un coussinet en bronze ou en acier.

Or, ceux-ci sont parfaitement guidés dans des douilles en bronze E ajustées avec soin dans la traverse de fonte F, que l'on suppose en deux pièces, et ils renferment à leur intérieur, soit des ressorts à boudin *a* (fig. 1, 3 et 8), soit des ressorts en caoutchouc vulcanisé, ou de toute autre composition.

Par conséquent, lorsque les excentriques qui, dans leur révolution, s'appuient sur la tête de ces pistons, cessent d'agir sur ceux-ci, les ressorts *a*, qui, par leur partie inférieure, s'appuient sur les clavettes fixes *b*, et pressent, par leur partie supérieure, contre le sommet ou le fond de la cavité dans laquelle ils sont logés, forcent nécessairement les pistons D à remonter, de sorte que la partie circulaire intérieure de leur tête reste sans cesse en contact avec la circonférence des excentriques, quoiqu'elle ne les enveloppe pas complétement.

A la base de quatre de ces pistons sont rapportés les marteaux G et à celle du cinquième le couteau H, qui reçoivent ainsi successivement un mouvement descensionnel et ascensionnel, dont la rapidité est d'autant plus grande que la vitesse de rotation imprimée à l'arbre B est elle-même plus considérable; et comme cet arbre est commandé par un moteur continu, au moyen d'une courroie qui passe sur la poulie fixe P, on peut sans peine la faire marcher à 6 ou 700 tours par minute et même plus. On interrompt ce mouvement à volonté en faisant passer la courroie sur la poulie folle P'.

Au-dessous de chacun des marteaux sont placées les matrices I ajustées sur la tête des enclumes J, qui, au lieu d'être entièrement rigides et fixes, sont creuses à l'intérieur, comme le montrent les fig. 3, 6 et 7, pour recevoir, soit du caoutchouc, soit des rondelles de liége *c*, soit d'autres substances élastiques, afin de leur permettre une certaine mobilité pendant l'action des coups de marteau multipliés. Elles sont en outre reliées par un bouchon à vis *d* qui sert en même temps à régler la pression du petit tampon *e* contre le matelas élastique *c*, aux vis de rappel K qui traversent les écrous en cuivre *f*, et que l'on peut faire tourner à la main au moyen des petits volants *g*.

Ainsi, lorsqu'on fait tourner ces vis à droite ou à gauche, on fait monter ou descendre les enclumes J, et par suite on règle la hauteur exacte des

matrices par rapport aux marteaux qui leur correspondent. Pour qu'elles soient parfaitement guidées et bien maintenues, ces enclumes sont embrassées dans la plus grande partie de leur hauteur par les douilles ou coussinets en cuivre *h*, ajustés dans la traverse en fonte L, dont une partie est solidaire avec le bâtis, comme celle supérieure F, et l'autre rapportée et fixée par des boulons.

Les matrices I, comme les marteaux correspondants G, varient nécessairement de formes et de dimensions, suivant le travail à faire. Ainsi, lorsqu'on veut fabriquer une broche ou un clou, par exemple, on présente d'abord la barre ou la tige de fer carrée sur la première ou les deux premières enclumes à gauche, dont la surface est droite et unie comme celle de son marteau ; ce premier passage n'a pour but que d'étirer la tige ; on forme ensuite l'arrondi ou les parties cylindrique et conique de la tige au moyen des matrices suivantes et de leurs marteaux correspondants.

Dans ce cas, la surface des deux organes est légèrement taillée en creux afin de présenter la même forme que celle de la broche, du clou ou du boulon.

La pièce ainsi préparée et forgée, il suffit pour la détacher de la barre à laquelle elle est encore retenue de la porter sur le couteau inférieur H' qui est ajusté comme les matrices dans une enclume J' semblable aux précédentes. Ce couteau correspond à celui H qui est attaché à la partie inférieure du cinquième piston D, de sorte que pour couper, comme il est utile de donner le temps à l'ouvrier de présenter le bout de la tige qu'il tient d'une main avec une tenaille, exactement à la place correspondante à la partie à trancher, il soulève l'enclume et par suite le couteau H', au moyen de l'excentriqu M qu'il fait tourner d'une certaine quantité par la manette N qu'il prend de la main droite.

Dès que la section a lieu, il baisse l'excentrique en ramenant la manette à sa position primitive afin que les deux couteaux ne se mettent pas en contact jusqu'à une pièce suivante.

Il est évident que selon que l'on veut fabriquer des broches, des boulons ou des vis, il faut varier les marteaux et les matrices en les mettant en rapport avec les dimensions des objets eux-mêmes. Il est utile surtout, pour fabriquer les broches de filature, de se servir de guides mobiles ou arrêts, dont les supports *o* sont placés vis-à-vis chaque paire d'outils. Ils peuvent se régler pour la hauteur, l'écartement ou la distance horizontale au moyen des vis *r*. La plate-forme *s*, portant les arrêts, peut aussi se mouvoir le long du bâtis pour en faciliter l'ajustement. Par ce moyen, on peut étirer et couper les pièces à la dimension exacte demandée, en plaçant l'extrémité de la barre contre les supports ou les guides correspondants.

Aux extrémités de l'arbre moteur B sont appliqués les deux petits volants O qui servent à régulariser le mouvementd e cet arbre et par suite de tout l'appareil. Pour qu'il soit parfaitement soutenu dans toute sa longueur,

cet axe n'est pas seulement porté par les coussinets des paliers Q qui sont fondus avec le bâtis de la machine, mais encore entre chaque excentrique par la tête de chacun des montants verticaux R (fig. 1, 2 et 5) qui se relient avec les traverses F et L et qui descendent jusqu'à l'entretoise inférieure S, fig. 1 et 3; de cette sorte, les divers organes du mécanisme sont parfaitement solidaires et permettent de donner sans crainte aux parties mobiles une vitesse très-considérable.

Nous dirons, comme l'auteur de l'*Artizan*, que cette machine est applicable à un grand nombre de pièces en fer ou en acier, et que nous devons la recommander comme « un fait intéressant tous les amis de la mécanique qui désirent marcher avec les progrès du temps. »

MACHINE A VAPEUR A TROIS CYLINDRES,

Par M. LEGAVRIAN, de Lille.

Cet habile constructeur exécute en ce moment des machines à vapeur de nouvelle disposition, qui sont appelées à rendre de grands services aux manufactures et sans doute à la navigation. Nous voulons parler du système à trois cylindres pour lequel il s'est fait breveter récemment en France et à l'étranger, et qui consiste à admettre la vapeur à haute ou moyenne pression dans un petit cylindre et à la faire passer successivement dans les deux autres plus grands, dont les pistons marchent à une vitesse moindre que celui du premier. La rotation de l'arbre moteur auquel celui-ci transmet son action est double de celle des deux autres.

Il résulte de cette disposition une économie notable sur le poids des machines. M. Legavrian en construit actuellement deux : l'une de la force de 20 chevaux ne pèse que 11,400 kilog., tandis qu'une machine ordinaire de Woolf de la même force en pèserait plus de 16,000 ; l'autre machine est plus considérable dans ses proportions : elle est de la force de 60 chevaux et pèse seulement avec son volant 28,000 kilog.

L'inventeur a l'intention de faire des expériences au frein sur la machine de 60 chevaux et d'en publier un rapport. Il espère ne pas dépasser une consommation de 1 kilog. de combustible par cheval et par heure.

Il est bon de remarquer que ce nouveau système n'a aucun rapport avec la machine à trois cylindres de MM. Steale et Adkins.

MACHINE A RAYER OU RAINER

LES CARABINES, LES CANONS DE FUSILS, LES PISTOLETS, ETC.

ÉTABLIE

A L'USINE IMPÉRIALE DE CHATELLERAULT.

(PLANCHE 26.)



Le but de cette machine est de pratiquer quatre rainures héliçoïdales dans l'intérieur des canons de fusils ou de pistolets; mais ces rainures présentent cela de particulier qu'elles n'ont pas la même profondeur aux deux extrémités du canon. Ainsi, pour les carabines elles ont seulement trois dixièmes de millimètre à l'ouverture et cinq dixièmes vers la culasse.

Le principe de l'appareil consiste donc à faire avancer l'outil ou le burin d'une manière progressive à mesure qu'il descend pour pratiquer la rainure héliçoïde, de telle sorte que la différence de deux dixièmes de millimètre en profondeur soit produite graduellement sur toute la longueur du canon. A cet effet, le burin est disposé pour s'appuyer constamment sur un plan incliné qui glisse dans une tige cylindrique sur laquelle se trouve la rainure en hélice qui doit avoir deux mètres de pas.

Une petite clavette placée dans un guide de la tige oblige cette dernière à tourner en même temps qu'elle descend ; et elle fait monter la vis de rappel taraudée à sa partie inférieure, ainsi que le plan incliné lui-même, car cette vis est fixe sur une tige carrée qui glisse sans tourner dans un autre guide.

Il en résulte que le plan incliné ne monte que progressivement, et que l'outil lui-même n'avance que peu à la fois, mais d'une manière continue, ce qui produit, comme nous l'avons dit, une rainure héliçoïdale, de même pas que celle pratiquée sur la tige cylindrique, et avec une différence de profondeur qui est habituellement, ainsi qu'on vient de le voir, de deux dixièmes de millimètre pour un canon de carabine ayant 0^m860 de longueur.

Lorsque la différence de profondeur est déterminée suivant la longueur de l'arme, on a le nombre de tours que doit faire la tige cylindrique en descendant. Ainsi, connaissant le pas de la vis, on a la quantité dont le plan incliné doit monter, et il n'y a plus alors qu'à déterminer la pente à donner à celui-ci afin de faire avancer l'outil de la quantité convenable.

L'appareil que nous avons relevé à Chatellerault, avec un grand nombre d'autres outils relatifs à la fabrication des armes à feu, se distingue, pour remplir le but que nous venons d'annoncer, par la simplicité de sa construction comme par le peu d'emplacement qu'il occupe et le travail régulier qu'il permet d'effectuer.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A RAYER.

La fig. 10 du dessin pl. 26 représente une vue de face en élévation de l'appareil entier.

La fig. 11 en est une projection latérale ou vue de côté.

Les fig. 12, 13, 14 et 15 font voir en détails l'emmanchement de l'outil dans la partie inférieure de la tige cylindrique et la partie supérieure de la tige carrée avec la vis sur laquelle est fixé le plan incliné.

Les fig. 16 et 17 représentent une vue de face et une coupe transversale du guide de la tige cylindrique.

La fig. 18 est une coupe horizontale de la machine suivant la ligne 3-4.

La fig. 19 est une seconde coupe horizontale suivant la ligne 5-6.

Les fig. 20 et 21 sont une vue de face et une coupe transversale du guide de la tige carrée.

Et enfin, la fig. 22 est une troisième coupe horizontale faite à la hauteur de la ligne 7-8.

On voit d'abord, par ces figures, que tout le bâtis de cette machine consiste en un fort montant vertical en chêne A que l'on place généralement le long d'un mur, et sur lequel on fixe, par des boulons, aux endroits nécessaires, tous les supports et les guides dont on a besoin.

La tige cylindrique B, dont nous avons parlé, glisse verticalement dans la douille en deux pièces C qui lui sert de guide, et qui est ajustée sur le sabot en bois I afin de se trouver à la distance voulue en dehors du fort montant vertical en chêne A avec lequel ce guide doit faire corps.

Au sommet de la tige, qui est terminée par un crochet, s'adapte la corde D, qui passe sur une poulie de renvoi à gorge et en bronze *a*, suspendue à la partie supérieure du montant ; cette corde porte un poids de 40 kilogr. environ, afin de remonter la tige quand la passe est finie et d'empêcher l'outil de descendre trop vite en régularisant en quelque sorte sa marche.

La seconde tige inférieure E, qui est à section carrée, glisse, mais sans tourner, dans un autre guide F, fixé de la même manière que le précédent sur le montant vertical A par l'intermédiaire du sabot I' qui le tient à la même distance. Cette barre carrée se termine, à sa partie supérieure, par une petite vis de rappel *b* qui y est assemblée à charnière, et qui se taraude dans le bout inférieur de la tige cylindrique, comme on le voit sur les détails (fig. 12 et 13).

Une chaîne sans fin *v*, qui passe sur la gorge du galet en bronze *c*, et qui

remonte sur un tambour en fonte G, s'attache à l'extrémité inférieure de la même barre carrée pour la faire descendre.

Le petit tambour de fonte G est monté sur un axe en fer *d* qui reçoit son mouvement de rotation de l'arbre à manivelle *e* par les deux engrenages droits *f*, *f'*. Les tourillons de ces deux axes sont mobiles dans les supports à équerre *g* boulonnés sur les côtés du bâtis A.

Le canon C' de la carabine que l'on veut rainer est aussi placé verticalement et maintenu solidement dans sa position par les colliers en deux pièces H, qui sont simplement en bois fixés sur les sabots I' et I². Le collier inférieur porte à sa base une platine en fer *u* sur laquelle s'appuie la carabine lorsqu'elle est en place.

Il est facile de bien se rendre compte par les détails de l'emmanchement de l'outil carré *h* qui effectue les rainures dans la partie évidée de la tige cylindrique B ; cet outil n'est autre qu'un petit prisme d'acier (fig. 12 et 13), tranchant par son arête extérieure et terminé sur la face opposée, suivant une inclinaison correspondante à celle du coin ou plan incliné *i*, qui, pendant la marche, l'oblige à s'avancer d'une très-petite quantité à la fois. Une petite plaque *j* ajoutée par derrière s'appuie par sa surface extérieure, qui n'est autre que celle du cylindre, contre la paroi intérieure du canon, afin d'empêcher le plan incliné de reculer en arrière ; celui-ci se prolonge en dessous pour s'assembler avec l'extrémité supérieure de la vis de rappel *b*, mais sans tourner avec elle.

On a pratiqué un évidement *k* dans la tige cylindrique au-dessous du burin *h*, comme le montrent la coupe verticale fig. 13 et la section horizontale fig. 15, afin de livrer passage à la limaille ou aux copeaux qu'il produit lorsqu'il travaille.

La rainure héliçoïdale *l*, qui est pratiquée sur la partie supérieure de la tige cylindrique, sert à donner la même forme à celle que l'outil doit pratiquer dans l'intérieur de la carabine.

Le guide C détaillé (fig. 16, 17 et 18) se compose, comme nous l'avons dit, d'une douille cylindrique en bronze reliée par deux brides également en bronze qui se boulonnent sur les côtés du montant vertical A. A son intérieur sont ajustées deux rondelles en acier que l'on remplace lorsqu'elles sont usées, et que l'on retient par deux platines minces en fer rapportées en dessus et en dessous du guide. Une petite clé ou nervure *n* est aussi fixée à l'intérieur entre les deux rondelles, afin qu'en pénétrant dans la rainure héliçoïdale de la tige elle l'oblige à suivre cette hélice à mesure qu'elle descend.

La circonférence extérieure des deux collets du guide est divisée exactement en quatre parties égales avec un point de repère sur l'un des deux, afin de pouvoir faire les quatre rainures également distantes les unes des autres.

Lorsque l'une de ces rainures est terminée, on fait tourner le guide à l'aide d'une clé, d'un quart de circonférence, en s'arrangeant de telle sorte

que les nouveaux points de repère se trouvent bien en regard. On a le soin pour cela de desserrer un peu l'un des écrous qui fixent le guide au bâtis, puis on le resserre afin de commencer la seconde rainure, et on opère de la même manière pour les deux suivantes.

Chaque rainure se fait en quatre passes; on a donc aussi divisé à cet effet la circonférence du guide inférieur F de la tige carrée en quatre parties égales, avec un point de repère sur le bord de l'une des deux brides qui le composent. Une poignée à deux branches *e* sert à faire tourner ce guide après avoir desserré légèrement l'un de ces écrous.

Ainsi, lorsque la carabine est en place, on tourne le guide jusqu'à ce que l'outil commence à mordre; on le fait revenir au point primitif d'où il est parti; un tour de la vis *b* fait monter suffisamment le plan incliné pour que l'outil avance de cinq dixièmes de millimètre.

Pour rayer les canons de pistolets, on se sert de la même machine, en changeant seulement la tige B; l'outil est alors triangulaire, et la rainure se fait d'une seule passe de même profondeur partout.

Dans ce cas, il n'y a évidemment plus besoin de plan incliné ni de vis de rappel. L'alésage du canon de pistolet est de 0^{m} 0169, sa longueur est d'environ 0^{m} 200; on y pratique trente-deux rainures. La circonférence des deux guides est alors divisée en trente-deux parties égales. Le pas de l'hélice est seulement de 0^{m} 55, c'est-à-dire un peu plus du quart de celui des rainures pour les carabines.

APPAREIL A GAZ D'ÉCLAIRAGE,

Par **M. LEPRINCE**, de Liége.

L'inventeur se sert d'une cornue à double fond. La houille est mise dans le compartiment inférieur, et le gaz formé est obligé, pour se rendre au tuyau de dégagement qui se trouve derrière la cornue, de traverser le compartiment inférieur et le supérieur. Ces deux compartiments communiquent entre eux sur le devant de la cornue.

Le gaz arrive dans un barillet; il traverse de l'eau et abandonne le goudron; le trop plein de ce goudron tombe dans la cornue et dans le compartiment supérieur, où il est distillé; puis le gaz arrive dans des réfrigérants et des épurateurs.

Sur le devant de la cornue se trouve une soupape de sûreté qui prévient toute cause d'explosion.

DIVERS SYSTÈMES DE RÉGULATEURS

POUR MOTEURS HYDRAULIQUES A VAPEUR.

(PLANCHE 27.)

MODÉRATEUR A COMPENSATION,

Par **M. FARCOT**, Ingénieur-constructeur, à Saint-Ouen près Paris.

(Fig. 1 à 6.)

Parmi le grand nombre de machines à vapeur que l'on a remarquées à l'Exposition nationale de 1849, on distinguait d'une manière toute particulière, et avec le plus grand intérêt, celle à colonne évidée de M. Farcot, avec le modérateur à compensation directement applicable à la came double qui agit sur les glissières de détente, et pour lequel il a obtenu un brevet d'invention de quinze ans.

Tout le monde connaît aujourd'hui le système de distribution dû à cet habile et ingénieux constructeur, car, non-seulement nous l'avons publié avec détails dans le IIIe volume de ce Recueil, mais encore il en a fait l'application dans un grand nombre de machines à moyenne et à haute pression, et, de plus, il a été imité par quelques mécaniciens.

Quant à son modérateur qui constitue, à vrai dire, un mécanisme à part et d'une combinaison véritablement heureuse qui n'est pas encore suffisamment connue, il est digne à tous égards d'un article spécial qui explique bien toutes les parties dont il est composé, et montre, par suite, tous les avantages pratiques résultant de son application.

On avait reconnu les imperfections du régulateur à boules ou pendule conique ordinaire, tel qu'il a été imaginé par le célèbre Watt, et nous avons même, en publiant (tome Ier) le régulateur à air de M. Molinié, fait voir les inconvénients qu'il présente en pratique, et par suite la supériorité de celui-ci qui a été en effet regardé comme un véritable perfectionnement apporté dans les moteurs hydrauliques et à vapeur, à cause de la régularité plus sensible qu'il permet d'obtenir.

M. Farcot, convaincu que l'appareil à force centrifuge était susceptible d'être réellement utilisé comme régulateur, en y apportant les améliorations nécessaires, s'est occupé avec une persévérance fort louable, de rechercher les moyens de le compléter, afin qu'il pût fonctionner avec toute la sensibilité désirable. C'est ainsi que par l'application de cônes à

friction mis en rapport avec l'axe et la douille mobile du régulateur à boules, il est parvenu à faire un appareil très-rationnel qu'il appelle, avec juste raison, *modérateur à compensation*.

Quoique le principe en ait été publié, mais d'une manière très-imparfaite, il y a plusieurs années, dans les *Annales des mines*, nous avons pensé que ce mécanisme n'en serait pas moins vu par nos lecteurs avec un grand intérêt, aussi nous avons voulu le dessiner avec soin et en donner une description aussi exacte et aussi complète que possible.

La fig. 1re de la pl. 27 représente une vue d'ensemble de ce système de modérateur perfectionné appliqué à une machine à vapeur à détente avec le mode de distribution et de glissières que l'on connaît (voir pl. 20 et 21, vol. III). La fig. 2 est une section verticale faite par l'axe du mécanisme compensateur, représenté sur une plus grande échelle. La fig. 3 est une coupe horizontale de la douille mobile du modérateur suivant la ligne 1–2. La fig. 4 est une seconde coupe horizontale faite suivant la ligne 3–4 par le milieu de la fourchette de jonction *m*. La fig. 5 est une section verticale faite par l'axe de la partie du mécanisme qui met l'axe *l* en communication avec le triangle M. Et enfin la fig. 6 est une coupe horizontale faite par l'axe du disque gradué et de la came de détente, suivant la ligne 5-6.

On reconnaît, par la première de ces figures, que l'auteur a cherché à isoler, au besoin, le mécanisme du modérateur de la machine à vapeur même en faisant porter son axe vertical A par une colonne à jours B, analogue à celle qu'il a souvent employée pour des machines de 6, 8 à 10 chevaux.

Cette colonne porte non-seulement à sa partie supérieure le collet ou coussinet à godet C (fig. 2.), mais encore à sa partie inférieure la chaise en fonte C′ qui renferme la crapaudine du pivot, et de plus les deux renflements E qui servent de coussinet à l'arbre de couche F, par lequel le modérateur reçoit son mouvement de rotation, mouvement qui lui est communiqué du moteur, à la partie G, par la paire de roues d'angle H et H′.

Le modérateur ou pendule conique proprement dit, se compose, comme à l'ordinaire, de deux bras mobiles I qui s'assemblent à charnière vers le sommet de l'axe vertical, et qui portent à leur extrémité inférieure les boulons en cuivre ou en fonte J. On sait que ces bras se réunissent par des liens en fer K avec la bague ou douille mobile en bronze *a*.

L'axe vertical A n'est pas d'une seule pièce, mais bien composé de trois parties dont les deux extrêmes sont en fer plein et réunis par des clés à celle du milieu A′ qui est la plus longue et qui n'est autre qu'un tube en fer creux. A l'intérieur de ce tube est logée la tige *b* qui se relie à la bague mobile *a* par une clavette qui permet à celle-ci de monter et de descendre en glissant dans la rainure ou mortaise verticale pratiquée dans l'épaisseur du tube (fig. 2 et 3). Cette tige se relie également à sa partie inférieure,

par une clavette, à la bague ou virole *o* renfermée dans la boîte en fonte *e*, laquelle forme un réservoir d'huile, et qui, ajustée sur l'embase annulaire *c*, se fixe avec celle-ci par les mêmes vis sur le sommet de la longue douille en canon cylindrique *d* rapportée à l'extérieur du tube. Une embase semblable *c'* est de même fixée par des vis à l'extrémité inférieure de ce canon mobile, lequel porte entre ses deux embases extrêmes les freins circulaires et coniques *f f'* qui peuvent tourner librement sur lui. Sur les moyeux de ces freins sont fixées les roues d'angle *g* et *g'* avec lesquelles engrène constamment une troisième roue semblable *k*.

Deux plateaux coniques *h* et *h'*, en fonte, tournés extérieurement, sont rapportés en dessous et en dessus du canon mobile *d*, et fixés au tube vertical A' par les clavettes *i* et *i'*, afin d'être entraînés dans sa rotation plus ou moins rapide. Leur écartement est réglé avec toute la précision désirable par les vis de rappel à double écrou *j*. Et un long ressort à boudin *n*, logé dans la partie inférieure du tube, tend à maintenir constamment le plateau *h* dans la position qu'il occupe sur l'arbre, et par conséquent son même écartement par rapport à celui *h'*.

La petite roue d'angle *k* est ajustée vers l'extrémité de l'axe en fer *l* qui se termine par la fourchette *m* (fig. 4), laquelle embrasse le milieu du canon *d*, auquel elle se trouve reliée par articulations au moyen de deux petits goujons d'acier. Cet axe *l* est contenu par une longue douille *p* dans laquelle il peut librement tourner sur lui-même tout en oscillant avec cette douille sur le sommet du support L assemblé avec la partie supérieure de la colonne. L'autre extrémité du même axe porte une petite roue d'angle *q* et se termine également à cette extrémité par une tige à fourchette *r* (fig. 5), laquelle embrasse la douille *r'* qui leur sert de point d'appui et est montée sur le bout de la tringle verticale M.

La roue d'angle *q* engrène avec une roue de même diamètre *q'* ajustée libre sur la tringle au-dessous du manchon *r'* et portant le plateau de friction *s* avec lequel se met en contact un plateau semblable *s'*. Celui-ci est relié à la tringle verticale par une goupille qui ne l'empêche pas toutefois de monter et de descendre, à cause de l'entaille allongée qui s'y trouve pratiquée. Il fait corps avec la longue tubulure *t* dans la partie inférieure de laquelle s'ajuste la virole à poignée *u* qui permet de régler la tension du ressort à boudin enfermé dans la tubulure et entourant la tringle.

Vers la partie inférieure de cette dernière est rapportée une petite vis sans fin qui engrène le disque denté N monté à l'extrémité de l'axe horizontal *v* (fig. 6), qui porte à l'intérieur de la boîte de distribution du cylindre la double came à développante par laquelle se limite la course des glissières qui, comme nous l'avons décrit, tome III, règle le degré de détente en rapport avec la résistance que la machine à vapeur doit vaincre.

Cet axe *v* traverse nécessairement une boîte à étoupe *x* que l'on peut toujours serrer convenablement par les boulons à écrous *y*. En dehors du

cadran ou disque gradué N se trouve l'aiguille indicatrice *z*, laquelle est fondue avec le support à douille O qui est également solidaire avec la boîte de distribution et qui renferme la vis sans fin, tout en servant de guide et de coussinet à la tringle M. Lorsqu'on veut tourner cette dernière à la main, on s'applique au petit volant P qui est monté vers son milieu.

D'après cette disposition, il devient facile de reconnaître comment un tel mécanisme fonctionne et arrive à régler avec une précision parfaite le degré d'expansion qui détermine la puissance de la machine en rapport avec les résistances. Que l'on suppose, par exemple, que le moteur se ralentisse, on sait que dans ce cas les boules J du modérateur se rapprochent de l'axe vertical dont la rotation est toujours proportionnelle à celle de l'arbre de couche de commande. Or, en se rapprochant, ces boules font descendre la douille mobile *a* et par suite la tige intérieure *b* qui s'y trouve reliée ; il en résulte que la bague *o* qui fait aussi corps avec cette dernière, et qui est enfermée, comme on l'a vu fig. 2, dans la boîte à graisse *e*, oblige alors, en s'appuyant sur son sommet, le canon cylindrique *d* à descendre, et par cela même fait embrayer le cône *h* avec le cône *f* et transmet aux trois roues d'angle, qui engrènent toujours ensemble, un mouvement de rotation dans un certain sens, à droite, par exemple, et transmet son mouvement par les roues *gg'* à la tringle verticale M, et par suite à la vis sans fin, et au disque gradué N. L'axe *v* de celui-ci tourne dans le même sens, et sa double came se place de telle sorte que les glissières de détente permettent une plus longue admission de vapeur. Le cône *f'* tourne pendant ce temps au-dessous de celui *h'* sans le toucher, étant entraîné par le système des trois roues qui engrènent toujours ensemble au moyen de longues dents à développante qui se prêtent aux oscillations du levier *l*.

Le pendule conique ordinaire étant supposé abaissé par son ralentissement devrait rester dans cette position pour rendre permanente l'action qu'il a produite, de sorte que, pour détruire le ralentissement, il faudrait que ce ralentissement même subsistât ; on est donc dans un cercle vicieux, et il en résulte une série d'oscillations forcées. Dans le régulateur à compensation, le pendule conique agit avec plus de sensibilité, d'une manière plus constante et plus régulière, par cela même que ces oscillations sont supprimées, puisque les boules peuvent revenir à leur position normale sans détruire l'action qu'elles ont produite.

Il est évident que l'effet inverse de celui que nous avons décrit plus haut, se produira lorsque, par une diminution de résistance ou une augmentation de pression de vapeur, la vitesse de la machine dépasse la vitesse normale ; les boules s'écartent et font monter avec la douille *a* la tige intérieure *b* qui soulève alors le canon mobile *d*, et tout en faisant débrayer le frein *f* fait embrayer le frein *f'* qui entraîne par sa rotation le système de roues d'angle dans le sens contraire, c'est-à-dire à gauche. Dans ce cas, le

disque gradué N se détourne et oblige la double came rapportée sur son axe *v* à faire fermer les glissières plus tôt, pour que la vapeur soit admise dans le cylindre pendant moins de temps.

Cette disposition est dite à *compensation*, parce qu'elle produit l'effet que le chauffeur est obligé de produire lui-même dans les régulateurs ordinaires, en rallongeant ou raccourcissant de temps en temps la longueur de la tige qui manœuvre la valve, et compensant par ce changement de longueur, qui correspond à un changement de position de la valve, celui qui s'est produit dans la résistance.

Cet appareil a un autre avantage d'une grande importance sur certains systèmes qui ont une grande précision, mais une action lente, ce qui fait que dans beaucoup d'usines où les variations se produisent brusquement, comme, par exemple, les tréfileries, on a dû les remplacer par un modérateur ordinaire agissant, il est vrai, sans précision, mais instantanément.

Dans le modérateur à compensation, on a une double action ; la tige M agit soit comme crémaillère, soit comme vis sans fin : la première de ces actions est provisoire et instantanée comme celle du régulateur ordinaire, et sert à modérer les variations brusques ; la seconde action est durable et de compensation, en ce qu'elle proportionne la position de la came aux conditions de résistance et de puissance.

Cet appareil, qui est exécuté par M. Farcot avec une grande précision et des soins extrêmes, reçoit aujourd'hui des applications très-heureuses dans les machines à vapeur qui fonctionnent même avec de grandes détentes.

RÉGULATEUR A PENDULE ET A MOUVEMENT DIFFÉRENTIEL,

Par MM. GAST et SPETZ, Manufacturiers à Issenheim (Haut-Rhin).

(Fig. 7 à 9, pl. 27.)

Outre les modérateurs à boules ou pendules coniques à mouvement de rotation continu, on a essayé à diverses époques des pendules à lentille et à mouvement alternatif, comme on en voit encore des applications dans quelques fabriques, et particulièrement en Angleterre.

MM. Gast et Spetz sont parvenus à perfectionner ce genre d'appareil d'une manière notable en y appliquant la friction et le mouvement différentiel. D'après les certificats que nous avons entre les mains, les régulateurs perfectionnés que ces honorables fabricants ont montés dans diverses usines, soit pour des machines à vapeur, soit pour des moteurs hydrauliques, ont donné des résultats très-satisfaisants, et ont même occasionné une économie sensible dans la production comparativement à ce que l'on obtenait avant leur application.

Le modèle que nous avons relevé à l'Exposition est représenté sur la

fig. 7 en élévation latérale et sur la *fig.* 8 en coupe verticale faite par l'axe principal suivant la ligne 7-8.

L'une des pièces principales qui compose le mécanisme de ce régulateur à pendule est le levier en fonte à arcade A qui peut osciller sur l'une de ses extrémités *a*, où il est traversé par la vis de pression *b*, qui a pour objet de tendre à pousser le petit axe *d* par l'intermédiaire du grain d'acier *c*, afin de maintenir la roue droite D qui est fixée sur cet axe appliquée contre le disque ou plateau circulaire F, garni sur toute sa face d'un cuir ou de caoutchouc vulcanisé.

Ce plateau F est solidaire, par son moyeu prolongé, avec la roue d'angle F', laquelle est ajustée libre sur l'axe horizontal *j* situé dans le même plan que celui *d*, dont il n'est pour ainsi dire que le prolongement. Cette roue F' engrène avec le pignon différentiel proprement dit H, qui est aussi ajusté libre sur son tourillon *h*, et qui engrène également avec une seconde roue d'angle I, parallèle et opposée à la première, et ajustée libre comme elle sur le même axe *j*.

Le moyeu de cette seconde roue est également prolongé pour porter la roue droite K, qui, par l'intermédiaire du petit pignon droit *k*, engrène avec celle K' ajustée fixe sur l'arbre inférieur *l*, lequel reçoit son mouvement de rotation du moteur par la paire de roues d'angle *m*, *m'*.

A côté de la roue droite K se trouve le second plateau de friction L qui est fixé sur l'axe *j*, et contre lequel s'appuie un disque semblable M, dont le moyeu porte le pignon droit *n*, et qui, avec celui-ci, tourne librement sur le bout de l'axe *j*, et en même temps sur le tourillon *e*, qui n'en est que le prolongement. Une vis de pression *b'*, semblable à celle qui se trouve à l'autre extrémité, vient butter contre ce tourillon, et force par suite le disque M, qui est aussi garni d'un cuir, à s'appuyer contre le plateau L.

Le pignon droit *n* engrène avec la crémaillère T, qui se prolonge au-dessus du mécanisme pour se relier, par un moyen quelconque, soit avec le robinet ou la valve d'admission de la machine à vapeur, soit avec la vanne mouleresse ou additionnel de la roue hydraulique.

Un pendule P, composé d'une simple verge en fer, terminée par une lentille d'un poids convenable, est fixé à la circonférence du disque circulaire en fonte S (fig. 7 et 9), lequel a son centre d'oscillation sur le tourillon *o* et se trouve entaillé à la partie supérieure *u* de sa circonférence. Cette entaille est disposée de telle sorte que, quand le pendule est dans sa position verticale, elle livre passage au doigt *g* qui est fixé derrière la denture de la roue d'angle F'.

Tout le système est porté sur une plaque en fonte Q que l'on peut fixer contre la muraille ou un bâtis quelconque, et sur lequel sont boulonnés les coussinets *q* de chacun des axes mobiles.

D'après cela, il est facile de comprendre comment un tel mécanisme fonctionne. Supposons, par exemple, que la roue d'angle I fasse soixante révolutions par minute quand le moteur marche à sa vitesse de régime;

admettons aussi que le pendule soit à seconde, et produise par conséquent le même nombre d'oscillations; supposons encore que la roue droite D fasse pendant ce temps soixante-quinze révolutions avec celle D′ qui la commande et qui est de même diamètre qu'elle, comme cette roue D est tenue appliquée contre le disque F par la vis de pression *b* taraudée à l'extrémité du grand levier courbe A, la roue d'angle F′, solidaire avec ce plateau, tend nécessairement à prendre la même vitesse; mais elle ne peut faire que soixante tours, puisque le pendule étant mis en mouvement ne permet aux doigts *g* que de passer soixante fois dans l'entaille *u* en une minute.

Quand les roues F et I font le même nombre de révolutions en sens inverse, le pignon différentiel H et par suite le pignon *n* restent en place; mais si la roue I marche plus vite ou plus lentement que celle F′, l'axe du pignon H prend un mouvement dans un sens ou dans un autre, mouvement que le pignon *n* transmet par les intermédiaires à la crémaillère T, et par suite à la valve, au robinet ou à la vanne du moteur.

La crémaillère T porte deux arrêts Z, Z′ qui viennent buter contre le guide T′ fixé au support *q*′. Lorsque ces arrêts butent, le pignon *n* reste en repos et les plateaux de friction L M agissent.

L'orifice par lequel on modère la marche du moteur se trouve complétement ouvert lorsque l'arrêt Z bute; il est au contraire fermé quand celui-ci touche T′.

Pour les moteurs qui ont un générateur de puissance motrice, tels que les machines à vapeur, on applique au régulateur une sonnette qui avertit l'ouvrier chargé du soin de la machine, dès que le robinet d'introduction est ouvert presque complétement, et que la machine ne pourrait continuer à marcher longtemps à sa vitesse sans qu'on pousse le feu.

Ce mécanisme d'avertissement est ainsi disposé : Au levier A est fixé un timbre *v*, l'arrêt Z de la crémaillère vient rencontrer un levier *y*, qui abaisse un autre levier *x* relié au marteau *w*, une goupille fixée dans la roue K soulève alors le levier *x*, de telle sorte qu'à chaque tour de cette roue le marteau *w* frappe le timbre *v*. Les leviers *y* et *x* sont ramenés à leurs positions primitives par des ressorts disposés à cet effet.

CONDITIONS DANS LESQUELLES LE RÉGULATEUR N'AGIT PAS OU AGIT MAL, ET REMÈDE A Y APPORTER.

1° Si le bout du levier A vient buter sur le cadre *q*, les frictions n'auront plus de force et la machine n'agira plus. Cet accident peut se présenter, 1° par le tassement du cuir des frictions; il suffit alors de relever le levier en serrant la vis *b*; 2° si la vis *b*′ se desserre, le levier s'abaissera : pour le relever il faut la resserrer; 3° si le bout de l'arbre J grippe avec la crapaudine *i*, et que l'une des pièces s'use, il faut démonter l'appareil, repolir les parties grippées, et les remettre en place, de manière que le doigt *g* se trouve au milieu de l'entaille *u* du pendule.

2° Si le pignon H engrène à fond dans la roue I, la pression du levier A, au lieu

de se reporter sur les plateaux de friction L, M, sera équilibrée par le support q' : on s'en aperçoit quand ces plateaux glissent sans que les arrêts de la crémaillère butent; pour y remédier il suffit de serrer un peu la vis b'.

3° Si le pignon H grippe sur son axe, la roue F′ est entraînée dans le même sens que celle I.

4° Si les roues I, K grippent sur l'arbre j, la roue F′ marche dans le même sens que celle I. Dans ces deux cas le moteur s'arrêtera.

5° Il peut arriver que le robinet ou la vanne du moteur, ou bien la communication de mouvement avec ce robinet ou cette vanne grippe ou se force; pour s'en assurer il suffit de soulever le levier A et de pousser la crémaillère d'un arrêt à l'autre. Dans ce cas, comme la résistance à vaincre par le régulateur pourra être plus grande que sa puissance, l'un des plateaux de friction glissera.

6° Enfin si le moteur, par une cause quelconque, marchait plus de 20 p. 0/0 trop lentement, le régulateur l'arrêterait; car, comme la roue D ne fait que 20 p. 0/0 plus de tours que la roue I, ou que le pendule ne donne de coups, si la vitesse de la roue D diminue au delà de 20 p. 0/0, l'entaille u aura déjà dépassé la verticale quand le doigt g se présentera pour y passer; dans ce cas la roue d'angle F′ s'arrête pendant toute la durée de l'oscillation, ce qui fait fermer l'orifice d'entrée de la puissance motrice. Ce cas ne se présente jamais que quand il y a manque de force motrice.

Voilà, en général, les accidents qui peuvent arriver; mais ils proviennent toujours de ce qu'on a négligé de graisser et d'entretenir l'appareil. En lui donnant les soins que toute machine exige, sa manière de fonctionner, assurent les auteurs, ne laisse rien à désirer.

RÉGULATEUR COMPLEXE

OU PENDULE CONIQUE AVEC POMPE ET DISTRIBUTEUR,

AGISSANT A LA FOIS SUR LA VALVE D'ADMISSION ET SUR LE TIROIR DE DÉTENTE,

Par **M. EUGÈNE BOURDON**, Ingénieur-mécanicien à Paris.

(Fig. 10 à 15, pl. 27.)

M. Bourdon, dont nous avons publié plusieurs inventions fort remarquables, et qui est bien connu pour la construction des machines à vapeur, est l'un des ingénieurs qui se sont le plus occupés depuis longtemps d'améliorer le modérateur à boules pour le rendre plus sensible et éviter les inconvénients qu'on lui a souvent reprochés. Au lieu de mettre la bague mobile de l'appareil simplement en communication directe avec la valve d'admission de la vapeur au cylindre, comme on le faisait antérieurement, il a eu l'idée de la relier par un mouvement différentiel simple et fort ingénieux, soit par un système hydraulique, particulier à l'axe de la double came (1) par laquelle se règle la course de la glissière qui fait varier le degré de détente, suivant les résistances à vaincre.

(1) Cette double came, destinée à limiter la course du tiroir de détente, a été employée depuis fort longtemps par M. Bourdon, sur les indications qui lui ont été communiquées par M. Tamisier.

Cette disposition a l'avantage de donner beaucoup plus de sensibilité au régulateur et d'éviter les hésitations, les vacillations brusques que produisent les boules par leur changement continuel de position.

Déjà on avait essayé des régulateurs à eau ; mais les pompes fonctionnant directement par le moteur, et n'étant pas combinées avec le pendule, on n'a pas obtenu les résultats que l'on en espérait. Le système de M. Bourdon paraît beaucoup mieux combiné, plus rationnel et susceptible de produire un meilleur effet par la relation qui existe entre le modérateur et la pompe ou le réservoir d'eau. Comme il est d'une combinaison heureuse, et d'ailleurs peu connue, nous avons pensé qu'on le verrait avec intérêt. Il sera facile d'en comprendre la disposition par les fig. 10 à 15 du dessin (pl. 27).

La fig. 10 représente une élévation vue de face du mécanisme.

La fig. 11 en est une section horizontale faite par l'axe du cylindre à vapeur et suivant la ligne brisée 9-10.

La fig. 12 est une projection latérale ou une coupe transversale faite suivant la ligne 11-12.

Les fig. 13, 14 et 15 montrent sur une plus grande échelle la construction de la pompe et du distributeur qui y est appliqué.

On reconnaît d'abord par ces figures que la bague mobile à gorge *a*, qui est ajustée sur l'arbre vertical du modérateur à boule A, est embrassée par la fourchette *b*, dont l'autre extrémité se relie par la tige *c* du levier en fer *d* qui est monté sur l'axe horizontal *e*, lequel se prolonge pour, d'une part, communiquer directement avec la valve d'admission appliquée au tuyau de vapeur, et transmettre, de l'autre, par la tringle verticale *f* un certain mouvement à la soupape circulaire *i*, qui doit servir de tiroir ou disque distributeur à la petite pompe B.

Celle-ci se compose simplement d'un petit cylindre en fonte ou en cuivre, dans lequel joue le piston C (fig. 13), dont la tige *g*, terminée par une tête à coulisse, est suspendue à la manette *h*, dont l'axe porte la came ou excentrique de détente *j*.

Cette dernière, qui est entièrement apparente, est embrassée par un cadre ou châssis vertical *k* solidaire avec la tige *l* du tiroir de détente *m* renfermé dans la boîte de distribution D, et appliqué contre le grand tiroir E, lequel reçoit son mouvement spécial de l'excentrique placé sur l'arbre moteur de la machine, par la tringle *n* et le châssis rectangulaire F qui s'assemble avec sa tige creuse *o*.

Il résulte de cette disposition que lorsque les boules du modérateur s'écartent par l'effet d'une accélération de vitesse, ce n'est pas seulement la valve d'introduction qui se ferme d'une certaine quantite par l'ascension de la bague mobile *a*; mais c'est aussi le tiroir de détente *m* dont la course se trouve alors plus restreinte et fait par suite intercepter plus tôt l'arrivée de la vapeur dans le cylindre G.

On voit, en effet, que par l'élévation d'une extrémité de la fourchette

la tringle verticale *c* descend et avec elle le levier *d* et la tige *f*, qui alors fait tourner le disque distributeur *i* dans un sens tel qu'il ouvre d'un côté la communication de la partie inférieure du cylindre B avec le tuyau de sortie, lequel va au condenseur, lorsque la machine est à condensation, et que de l'autre il ouvre la communication de la partie supérieure du cylindre avec le tube latéral *s*, qui se rend soit à un réservoir d'eau, soit à la cuvette de décharge de la pompe à air. Par conséquent, le piston C descend comme ayant le vide en dessous et la pression atmosphérique en dessus ; il fait descendre en même temps la manette *h* et par suite tourner la came *j*, qui, plus ses cornes approchent de l'horizontal, plus elle diminue la course du châssis *a*, et par cela même celle du tiroir *m*.

L'effet inverse se produit lorsque les boules du modérateur se rapprochent par suite d'un ralentissement de vitesse dans la machine ; la tringle *c* remonte et avec elle le levier *d*; il en résulte que la tige *f* fait tourner le disque *i* en sens contraire et change les communications entre les deux tubes *r* et *s* avec le dessus et le dessous du piston C ; par suite, celui-ci s'élève et force la came *j* à se redresser, ce qui augmente la course du cadre *k* et du tiroir de détente *m*. On a donc alors une plus longue admission de vapeur, et par conséquent on augmente la puissance de la machine.

Dans le cas des machines à haute pression, sans condensation, M. Bourdon propose d'employer pour le jeu du petit cylindre régulateur B une faible portion de l'eau d'alimentation mise soit sur le tuyau de refoulement de la pompe alimentaire, soit ailleurs.

Au lieu de cette partie hydraulique du régulateur pour faire mouvoir la came de détente, il fait l'application d'un mécanisme différentiel composé d'une manière fort simple et bien ingénieuse.

Ce mécanisme se compose de deux petits pignons qui peuvent engrener, séparément ou alternativement, avec un secteur denté, dont l'axe porte la double came *j*. Or, ces pignons sont commandés respectivement par des poulies à friction qui reçoivent, tantôt l'une tantôt l'autre, leur rotation de deux galets mobiles montés sur un axe oscillant, dont le milieu porte aussi une poulie mise en mouvement par l'arbre même H qui commande le modérateur. Ainsi, suivant que l'un ou l'autre des galets se met en contact avec sa poulie de friction, c'est le premier ou le second pignon qui engrène avec le secteur, et qui par suite le fait tourner à droite ou à gauche pour changer la position de la came et faire augmenter ou diminuer la course du tiroir de détente. On comprend qu'il suffit, pour que le changement s'opère convenablement, que la bague mobile du modérateur se mette en rapport avec l'axe des galets, afin de le faire obliquer d'un côté ou de l'autre pour qu'ils fassent tourner la première ou la seconde poulie de friction. Dans la vitesse normale, les deux pignons cessent d'engrener avec le secteur et la came ne bouge pas.

On connaît toujours le degré de la détente à laquelle la machine fonctionne par le petit cadran gradué placé derrière la came et mobile avec

elle. Nous avons pu constater sur la machine horizontale à condensation, qui fait marcher les outils et appareils en activité dans les ateliers de M. Bourdon, que le plus souvent la détente est au 1/15e à la pression moyenne de deux atmosphères. Ainsi, on admet seulement la vapeur dans le cylindre, à cette faible pression, pendant 1/15e de la course du piston. En marchant à vide, la détente s'élève au 1/26e et même au 1/27e; aussi, lorsqu'on ouvre le petit robinet de purge appliqué à la base du cylindre, c'est un simple souffle de vapeur que l'on voit sortir à chaque course du piston.

Nous devons ajouter que cette machine, qui est à cylindre horizontal, est d'autant plus remarquable dans sa combinaison, qu'elle dépense très-peu d'eau pour sa condensation à cause du système à circulation que l'ingénieux inventeur y a appliqué, et qui lui permet de faire servir la même eau.

PERFECTIONNEMENTS DANS L'ÉTABLISSEMENT

DES VOIES DE CHEMINS DE FER,

Par **M. POUILLET**, à Paris.

L'inventeur s'est proposé d'apporter de l'économie dans la construction des voies ferrées, et ses perfectionnements portent sur le balast, les traverses, les coussinets, les rails et les coins.

Il propose d'abord de ne mettre du balast que là où il est nécessaire, c'est-à-dire dans les parties de la voie qui doivent recevoir une grande pression par le passage des convois. Ces parties sont celles situées sous les rails. Aux autres places le balast peut se remplacer par une couche de sable de 0m 10 d'épaisseur, afin de recouvrir seulement les traverses. Le balast est renfermé dans une tranchée continue remplie à fleur du sol, faite sur la ligne des rails, de la profondeur de 0m 40 sur 0m 50 de largeur moyenne. La section de cette tranchée est un trapèze dont la base la plus large est vers le sol.

L'inventeur propose ensuite de ne donner aux traverses que 2 mètres de longueur au plus, 0m 08 de hauteur et 0m 16 de largeur, fixant à chaque extrémité, au-dessous, une table ayant 0m 50 de longueur, 0m 30 de largeur et 0m 04 d'épaisseur. Il soutient par cinq traverses des rails de 4m 20 au lieu de trois traverses pour 4m 40.

Le peu d'écartement des traverses permet de diminuer la résistance à donner aux coussinets, et on peut réduire à 6 kilog. le poids de 11 kilog. de rails ordinaires.

Le rail ne pèse que 26 à 30 kilog. par mètre courant.

Le coin doit avoir 0m 16 de longueur sur 0m 050, et 0m 065 pour les autres dimensions. La conicité est de 0m 05.

Les applications de ce système faites sur le chemin de l'Ouest en ont fait ressortir tous les avantages pratiques.

TISSAGE.

MÉTIER A TULLE,

IMPORTÉ EN FRANCE

Par **M. KEENAN**, Négociant Manufacturier, à Paris.

(PLANCHES 28 ET 29.)

NOTICE HISTORIQUE SUR LES MÉTIERS A TULLE.

On s'est beaucoup occupé vers la fin du siècle dernier, mais surtout vers le commencement de celui-ci, de la fabrication mécanique du tulle, de la dentelle, etc. Les fabricants comprenaient la nécessité, vu la grande consommation et le prix élevé de ces produits de luxe, de remplacer par le travail mécanique, celui des ouvrières habiles auxquelles on a dû longtemps, et on doit même encore, en partie, leur bonne confection.

Il s'agissait de produire, sur une machine ou sur un métier mécanique, un tissu à jour semblable à celui qu'on fait à la main. Les points de tulle ou de dentelle sont extrêmement variés et ont des dénominations diverses, telles que *tulle à chaîne*, *tulle à tresse*, *point de Malines*, *point d'Alençon*, etc.

Mais le point fondamental, le tulle proprement dit, est composé de jours, de la forme d'hexagones réguliers, engendrés par le croisement de trois rangées de fils :

1° La *chaîne*, fils longitudinaux disposés comme la chaîne de tous les tissus, suivant la longueur de la pièce;

2° Une rangée de fils de *trame* ou diagonaux, traversant obliquement la pièce de droite à gauche en se tordant dans leur route avec chacun des fils de la chaîne qu'ils rencontrent;

3° Une rangée de fils pareils, traversant la pièce obliquement de gauche à droite et se tordant avec les fils de la chaîne, tandis qu'ils ne font que se croiser avec l'autre rangée diagonale.

Ces deux rangées obliques ne sont au fond qu'une même sorte de fils, car chaque fois qu'un fil a traversé entièrement la pièce dans un sens, il se tord avec le fil extérieur de la chaîne, pour former lisière, et de là il traverse de nouveau la pièce dans le sens opposé.

Tel est le tissu qu'on cherchait à produire au moyen des machines; là n'était pas encore toute la difficulté; on demandait, en outre, pour atteindre à la hauteur des ouvrages faits à la main, de former, en ménageant habilement des jours dans le tissu, des dessins variés suivant le génie ou le caprice du fabricant.

C'est ce à quoi on est arrivé, avec un très-grand degré de perfection, soit à Calais, soit en Angleterre, en appliquant au métier à tulle, connu sous le nom de *métier à double barre*, *métier circulaire* (1), *système* LEVERS, etc., le mécanisme à la Jacquart.

La machine dont nous avons particulièrement à nous occuper est de construction anglaise. Le point qu'elle produit n'est pas pareil à celui indiqué ci-dessus; c'est une variété de tulle que nous décrirons, du reste, plus loin.

Nous croyons que le degré de perfection, obtenu aujourd'hui, quant à la régularité de l'ouvrage et la variété des dessins, ne laissera plus rien à désirer.

L'idée de l'application du mécanisme Jacquart, à la fabrication du tulle, n'est pas nouvelle; déjà en août 1824, MM. Colas et Delompnès, de Lyon, prirent un brevet à ce sujet; d'autres personnes s'en occupèrent aussi à plusieurs reprises, mais les divers essais qu'on en avait faits n'avaient pas été couronnés du plein succès qu'a obtenu la dernière invention dont nous venons de parler.

Avant d'arriver à la construction des machines spéciales pour la fabrication du tulle, on s'était d'abord appliqué à apporter aux métiers ordinaires à tricot, des perfectionnements qui les rendissent propres à fabriquer le point de dentelle. Il paraît que ces métiers ont été conservés fort longtemps par certains fabricants, peut-être à cause du manque de publicité ou de la protection des brevets qui couvraient les nouveaux systèmes, car nous trouvons qu'en 1841 encore, MM. Gervais, Maréchal et Bride, de Lyon, s'occupaient à inventer un moyen perfectionné de fixer les aiguilles et les platines dans ces métiers, en supprimant les fontures de plomb.

On se donna ainsi, dès l'abord, beaucoup de peine pour trouver des moyens de faire ce point de dentelle, à l'aide d'un seul et même fil se déroulant à mesure que l'ouvrage se faisait, ce qui était beaucoup plus difficile et compliqué que de le produire au moyen de deux ou plusieurs séries de fils, comme cela se fait maintenant.

(1) Ce nom de *circulaire* provient sans doute des moyens employés pour lui communiquer le mouvement, ou peut-être aussi du mouvement de ses bobines ou navettes qui décrivent un arc de cercle, car la forme du métier n'est pas circulaire.

En France, le premier brevet pour une machine à faire le tulle fut pris en 1791, suivant M. Alcan (*Essai sur l'industrie des matières textiles*), par MM. Jolivet et Cochet, de Lyon, qui s'occupèrent beaucoup de perfectionner les machines à tricot, et demandèrent plus tard, à plusieurs reprises encore, des brevets à ce sujet.

MM. Jourdan père et fils, de Lyon, appliquèrent aussi, en 1802, la machine à tricot à la confection du tulle.

Un brevet d'invention a été demandé, en 1804, par MM. Moor et Armitage, à Paris. Leur machine était également un métier à tricot perfectionné. Voici comment elle fonctionnait : Des aiguilles à bec recourbé comme celles des métiers à tricot étaient disposées horizontalement à côté les unes des autres. De deux en deux, dans les intervalles laissés entre elles fonctionnaient des pièces de forme particulière, et que les inventeurs nommaient *porte-mailles*. Ces pièces remplissaient une partie des fonctions des *platines* des métiers à tricot, et avaient encore d'autres emplois pour la formation des points.

Ces porte-mailles étaient fixés vis-à-vis des aiguilles, et un peu plus bas qu'elles, sur un châssis tournant à charnière sur un autre châssis, lequel était aussi fixé au métier par des pivots, sur lesquels il pouvait tourner. Cette combinaison de châssis permettait d'imprimer à ces porte-mailles, entre les aiguilles, un mouvement de bas en haut, d'arrière en avant, ou un mouvement intermédiaire quelconque. On faisait marcher ces pièces au moyen de poignées placées de chaque côté du châssis des porte-mailles.

On plaçait dans les aiguilles un morceau d'étoffe traversé par elles, et contre lequel venaient s'appuyer les porte-mailles; c'est entre ceux-ci et le bec des aiguilles que le fil venait s'étendre.

Le *cueillage* s'effectuait par le moyen bien connu et employé dans beaucoup de métiers, de la roulette oblique à palettes ayant pour double effet de former les *ondes* et d'engager le fil sous les becs. Alors la *presse* avait lieu, on rejetait le morceau d'étoffe sur les mailles, et les porte-mailles se trouvaient ainsi serrés entre l'étoffe et le fil qui formait de petites boucles de deux en deux aiguilles.

Les porte-mailles remontaient et faisaient passer dans la boucle, dans laquelle chacun d'eux se trouvait, les deux aiguilles adjacentes.

On dégageait les porte-mailles après qu'on avait repoussé l'ouvrage en arrière sur les aiguilles.

On répétait alors cette opération, seulement les porte-mailles se trouvaient enfermés, après l'abattage de l'ouvrage, entre le fil des nouvelles boucles et les anciennes, au lieu du morceau d'étoffe qui ne servait qu'à commencer la pièce. Cette double opération ne formait encore qu'une rangée de demi-points; pour compléter les mailles, on répétait ces mêmes opérations en engageant les porte-mailles dans les autres intervalles des aiguilles, de deux en deux, qu'ils n'occupaient pas d'abord.

Pour cela, le châssis porteur des porte-mailles devait avoir sur ses pivots

un jeu horizontal au moins égal à l'épaisseur d'une aiguille plus un intervalle.

Cette machine, comme on le voit, était assez simple, mais elle avait l'inconvénient de travailler très-lentement, l'ouvrier ayant à faire toutes les opérations, soit à la main, soit au moyen de marches, et elle ne pouvait donner que du tulle uni.

En 1806, MM. Bonnard père et fils, à Lyon, prirent un brevet de quinze ans pour un perfectionnement de la machine à tricot, leur permettant de faire du tulle simple ou double (*pressé* deux fois), uni ou façonné également. Ils effectuaient ce travail au moyen d'aiguilles combinées ou soudées ensemble, chaque aiguille remplaçant ainsi deux ou trois ordinaires.

Dès lors plusieurs inventeurs travaillèrent sur la même base. Chacun crut faire un grand progrès en apportant quelques petits changements aux machines construites avant eux, changements qui quelquefois ne furent que de nouvelles formes d'aiguilles ou de *porte-mailles*. Plusieurs brevets furent aussi demandés pour des différences de communications de mouvements ou de constructions de machines qui ne modifièrent nullement le principe ni le travail obtenu.

En 1812, MM. Gillet et Jourdant, de Bruxelles, inventèrent un mécanisme pour faire le *tulle piqué*. Ce mécanisme, ajouté aux métiers à tulle, consistait en un cylindre semé de petites aiguilles disposées suivant des dessins variés et travaillant avec une fonture d'aiguilles rangées sur une barre parallèle au cylindre, et se dirigeant toutes vers le centre de cette pièce.

Cette machine s'écartait déjà de l'ancien métier à tricot, en ce que, au lieu d'un seul fil formant tout le tissu en se développant sur les aiguilles, on avait une série de fils parallèles pour former le tulle et ses dessins.

En 1813, M. Coutan, à Paris, construisit une machine, dans laquelle une série de fils, provenant d'une ensouple et tendus par des contre-poids, passaient par les œils, appelés par l'inventeur *passettes*, d'une barre d'aiguilles droites qui, suspendue librement et manœuvrée soit à la main, soit au moyen d'une crémaillère qui faisant marcher un certain nombre d'aiguilles horizontalement, suivant la longueur de la barre, développait les fils sur une fonture d'aiguilles de la forme de celles des métiers à tricot, un fil embrassant une, deux, trois aiguilles à volonté, et variant ainsi le dessin suivant le caprice de l'ouvrier.

M. Alais, de Lyon, essaya d'appliquer à la fabrication du tulle le métier ordinaire à filoche; plus tard, en 1825, le même fabricant appliqua le principe Jacquart au métier à tulle; néanmoins, il est surprenant qu'il ait fait subir à l'application de ce principe une modification qui restreignait dans d'étroites limites la variété inépuisable de cet ingénieux mécanisme. En ajoutant en outre à sa machine une deuxième chaîne, répartie sur des bobines placées à des distances convenables, M. Alais parvint à

former des dessins tranchant plus avec le fond que ceux qu'on avait faits jusqu'alors au moyen de la chaîne générale. Ces dessins imitant la broderie, il donna à sa machine le nom de *brodeuse*.

Son métier était muni d'aiguilles, de *platines* et d'une *presse*, semblables à celles des métiers à tricot. Des barres portant des platinettes à double trou, par lesquelles passaient les fils, recevaient de la machine un mouvement de va-et-vient propre à développer les fils sur les aiguilles.

Le battant et les broches du Jacquart étaient remplacés par un tambour armé de 1,800 touches (nombre qui, du reste, pouvait varier suivant les dessins). Ce tambour, qui avait quelque analogie avec le cylindre des boîtes à musique, agissait sur un clavier ou une rangée de touches qui commandaient les platinettes à double trou, et par conséquent les fils.

Il est inutile de faire remarquer l'avantage du mécanisme Jacquart, proprement dit, sur le système employé par M. Alais qui restreignait la variété du dessin au nombre et à la disposition des touches semées sur le tambour.

Cette machine avait, sur celles précédemment décrites, un autre avantage, celui d'être mise en mouvement par la rotation continue d'une manivelle à laquelle on pouvait appliquer tout autre mouvement que le bras d'un ouvrier, ce qui permettait à un homme de surveiller deux machines à la fois.

Antérieurement à ces dernières inventions, avait été faite en Angleterre une découverte qui devait par sa supériorité faire rejeter presque complétement tous les systèmes de métiers à tulle employés jusqu'alors. C'est le système qui est connu généralement sous le nom de système *Leavers* ou *métier à tulle bobbin*.

Nous croyons pouvoir affirmer qu'une ressemblance de noms a fait à tort appeler du nom de *Leavers* ce système, qui paraît être l'invention de M. *Levers* de Nottingham; nous regrettons que les documents que nous avons ne nous permettent pas de donner la date, ni la description détaillée de cette invention; nous dirons toutefois que plusieurs inventeurs de cette époque attribuent en effet ce système à M. *Levers* au nom duquel on trouve plusieurs brevets de perfectionnement pris pour cette machine en 1828, 1830 et 1835, tandis qu'on ne voit dans les patentes expirées d'Angleterre, à partir de 1815, aucun inventeur du nom de *Leavers*.

Ce qui expliquerait cette erreur, c'est qu'un fabricant de Rouen portant en effet le nom de *Leavers*, prit à plusieurs reprises des brevets d'importation et de perfectionnements dans les métiers à tulle.

Ce système est la base des métiers employés généralement de nos jours pour la confection du tulle et appelés *métiers à double barre*, *métiers circulaires*, etc. Nous y trouvons en effet, à l'exception de l'application du mécanisme Jacquart, le principe fondamental du métier à tulle, que nous avons principalement à décrire; c'est-à-dire que la chaîne se composant de deux séries de fils se déroule d'une ensouple pour passer par les œils de

deux barres d'aiguilles ou de guides, et sont croisés par les fils de la trame qui se déroulent de bobines montées sur des chariots et marchant dans des peignes. Ces fils de la trame se tordent avec ceux de la chaîne par un mouvement de va-et-vient qu'impriment à ces derniers les barres de guides. Comme dans les machines modernes, des peignes ou barres de pointes pénétrant entre les fils et se relevant opéraient le *rentrage* du fil et formaient les mailles. Les communications de mouvements se faisaient soit à la main, soit au moyen de pédales.

La première importation, en France, de ce système paraît être due à M. John Heathcoath de Tiverton en Angleterre, établi à Paris. — Il prit le 8 mai 1820 un brevet *d'importation et de perfectionnement de* 15 *ans, pour des machines propres à fabriquer la dentelle ou tulle appelé bobbin-net.*

Le brevet de M. Heathcoath comprend deux variétés de la même machine, l'une mise en mouvement par les pieds et les mains d'un ouvrier, mais d'une manière plus expéditive que les moyens employés jusqu'alors, l'autre au moyen d'une rotation continue. Il nomma la première *métier perfectionné*, la seconde *machine rotative*. Du reste, leur différence réside absolument dans ces communications de mouvement, et le principe en est exactement le même ; c'est le système Levers perfectionné.

M. Heathcoath, dans la description de sa machine, mentionne un autre fabricant, M. Cutts qui, avant lui, avait construit des métiers à tulle d'après le même principe, mais moins complets.

Le tulle exécuté par ces machines était celui que nous avons décrit plus haut et qui est composé de mailles hexagonales ; quatre côtés de ces hexagones sont formés par la torsion des fils de trame avec les fils de chaîne, torsion qui force ces derniers à former des zigzags, et les deux autres côtés, le haut et le bas, sont formés par le croisement des deux séries de fils de trame.

On peut considérer la fabrication du tulle sur ces métiers comme la répétition de trois opérations distinctes :

1° La torsion des fils diagonaux avec les fils de chaîne ;

2° Le croisement des deux séries de fils diagonaux ;

3° Le *rentrage des fils*, c'est-à-dire l'action qui serre leur croisement et donne la forme des mailles, ce qui s'opère par des épingles ou pointes que nous décrirons.

Nous allons essayer de décrire la machine de M. Heathcoath, en nous servant des planches que nous avons sous les yeux, pour toutes les parties qui se retrouvent semblables dans ces deux inventions, ce qui aura l'avantage de mieux faire ressortir les différences et les perfectionnements apportés au métier à tulle dans l'appareil actuel.

La pièce de tulle se fait dans un plan vertical et s'enroule, à mesure que les mailles se forment, autour d'un rouleau ou ensouple a^3 (pl. 28, fig. 1). Les fils de la chaîne provenant tous d'une ensouple a^2, qui remplit ainsi les fonctions des bobines a a', se séparent en deux séries pour passer par les

œils de deux rangées d'aiguilles ou *barres de guides* g et h; les guides g sont semblables aux guides h, au lieu de se présenter sous forme de crochets comme dans nos dessins (fig. 10).

Ces guides maintiennent les fils de la chaîne séparés les uns des autres et leurs barres ont un mouvement de va-et-vient dans le sens de leur longueur dans un but que nous décrirons bientôt.

A partir de ces guides, les fils p p' se dirigent à peu près verticalement jusqu'à la formation du tissu.

Les fils de la trame p^2 se déroulent d'autant de petites bobines i i de la forme d'une pièce de monnaie et creusées à leur circonférence pour contenir une suffisante quantité de fil. Elles sont montées sur des navettes ou chariots j (fig. 9) disposés sur deux rangées parallèles exactement placées l'une vis-à-vis de l'autre. On voit que dans la nouvelle invention (fig. 1), il n'y a qu'une rangée de ces bobines.

Ces navettes sont maintenues dans chaque rangée à des distances les unes des autres, égales à l'intervalle laissé entre chaque fil de la chaîne.

Les peignes qui les portent sont composés de lames k (fig. 13) recourbées de manière que la réunion de ces deux peignes forme un arc de cercle, ou plutôt une partie de la surface d'un cylindre dont le centre serait la ligne suivant laquelle les mailles se forment.

La machine est pourvue d'organes mobiles qui, à des moments donnés, poussent toute une rangée de bobines à la fois, dans le peigne opposé, soit d'avant en arrière, soit d'arrière en avant. Les barres de guides g et h ont, avons-nous dit, un mouvement de va-et-vient dans le sens de leur longueur; la quantité de ce mouvement est égale à la distance entre deux dents des peignes k. Ce mouvement fait que, les navettes passant tantôt à droite, tantôt à gauche des fils de la chaîne, les fils qu'elles portent se tordent avec eux.

Les peignes ou barres des lames k ont aussi un mouvement de va-et-vient, dans le sens de leur longueur, égal à la distance laissée entre deux fils de la chaîne. Ce mouvement a pour but le développement oblique des fils de la trame ou *diagonaux* à travers la pièce.

Ainsi, supposons qu'une navette passe d'un espace du peigne de derrière à un espace du peigne de devant. Le peigne de devant marchera alors, suivant son mouvement de va-et-vient, d'une quantité égale à la distance entre deux de ses dents; il est évident que l'intervalle du peigne de devant dans lequel se trouve la navette ne sera plus vis-à-vis de l'intervalle du peigne de derrière d'où la navette lui a été envoyée, mais bien vis-à-vis de l'intervalle adjacent. La navette passant donc du peigne de devant à celui de derrière, se trouvera dans l'intervalle à côté de celui qu'elle occupait primitivement, tandis que les navettes de chacune des deux rangées réunies dans un même intervalle n'étaient auparavant que voisines. Si maintenant une des rangées marche ainsi de droite à gauche, et l'autre de gauche à droite, le développement des fils de la trame au travers de la pièce aura lieu dans les deux

sens, le mouvement de va-et-vient du fil de la chaîne les faisant se tordre avec chacun d'eux.

Pour opérer le retour ou changement de direction de la marche d'une navette arrivée au bout de son trajet à travers la pièce, il faut disposer les navettes de manière qu'il n'y en ait jamais plus d'une dans l'intervalle extrême des peignes circulaires. Dans l'action des pièces qui poussent ces chariots, celui qui est ainsi isolé, change de lui-même de rangée et par conséquent de direction.

L'action des peignes m m' fait la troisième opération, le *rentrage des fils.* Cette action est nécessaire : en effet, par la transposition respective de deux navettes correspondantes dans chaque rang, il s'est opéré un croisement qui n'est pour ainsi dire qu'apparent pour la personne placée devant la machine, puisque ces fils ne se touchent pas ; d'ailleurs ce croisement a lieu beaucoup plus bas que la ligne appelée *ligne centrale* qui est celle suivant laquelle l'ouvrage se fait.

L'introduction des dents d'un des peignes m m', au-dessous de ce croisement, entre les deux fils, et la marche de bas en haut de ces mêmes peignes, jusqu'à la rencontre de la *ligne centrale*, réalise ce croisement apparent.

Si on observe en effet le travail, on voit que les fils de la trame forment une croix sur chaque dent du peigne, et ces dents ne se retirent, pour opérer un nouveau croisement, que lorsque la torsion des fils de la trame avec ceux de la chaîne a assuré leur croisement et la forme des mailles.

Les machines du système *Levers* appartenant au domaine public, un grand nombre de fabricants s'occupèrent de les perfectionner ; les communications de mouvement en occupèrent plusieurs et furent effectuées de manières très-diverses ; la première consistait en des pédales et poignées dirigées par un ouvrier ; mais il était fort important de commander toutes les fonctions de la machine au moyen d'une seule rotation continue. Nous voyons que M. Heathcoath a résolu cette question, aussi bien que plusieurs autres ; mais la plus grande difficulté était de disposer la machine de manière à ce que tous ses mouvements s'exécutassent régulièrement à des moments donnés. Ce fut généralement au moyen de *moulins* ou séries de roues à circonférence brisée ou à crans qu'on obtint ce résultat. La forme et le nombre de ces moulins furent naturellement très-différents suivant les points qu'on voulait produire et les mouvements que ces points nécessitaient. Ces *moulins* ont été fort simplifiés ou avantageusement remplacés par des séries d'excentriques, comme on le reconnait sur la machine représentée, pl. 28 et 29.

Nous citerons cependant le procédé employé par MM. Robinson et Mosley, en 1825. Comme dans les machines commandées à la main, les mouvements qui opèrent le croisement ou la torsion des fils sont en état de repos pendant tout le temps où se fait le rentrage des fils. Ces fabricants placèrent sur l'arbre principal moteur une roue circulaire dont 1/5

de la circonférence étaient dentés, tandis que 1/5 était uni. Cette roue engrenait dans un pignon dont le diamètre était égal à 1/5 du diamètre de la roue, et qui faisait quatre tours pendant un tour entier de celle-ci, restant immobile pendant 1/5 de la révolution. Ce pignon communiquait, par des leviers, les mouvements qui opèrent les croisements de fils, et pendant qu'il était immobile, un autre mécanisme mettait des peignes en mouvement pour le rentrage des fils.

M. Newton, de Londres, en 1829, proposa un système qui remplissait les mêmes conditions. Une roue tournant librement sur un arbre l'entraînait au moyen d'un boulon qui glissait dans un bras fixé à cet arbre. Ce boulon, pressé dans une crapaudine adaptée à la roue par un ressort à boudin, faisait marcher l'arbre pendant quatre révolutions de la roue. Après ces quatre révolutions, une grande roue engrenant dans un pignon qui faisait corps avec la première, présentait au boulon, dans sa révolution, une pièce qui le soulevait hors de la crapaudine dans laquelle il rentrait par la pression du ressort à la fin de la cinquième révolution de la roue, pendant laquelle l'arbre restait stationnaire et que le rentrage des fils avait lieu.

Quelques personnes essayèrent des modifications du métier à tulle qui ne furent généralement pas adoptées des fabricants. Ainsi MM. Wheatly et Riste, de Leicester, importèrent un métier à tulle dans lequel les fils de la chaîne aussi bien que ceux de la trame provenaient de bobines montées sur des chariots dont la marche combinée formait le tulle.

M. Hind, de Nottingham, fit un essai semblable; dans ses machines il avait deux étages superposés de peignes circulaires : dans l'étage supérieur marchait une seule rangée de bobines dont les fils se croisaient avec ceux de deux rangées de bobines de l'étage inférieur. En outre les peignes inférieurs avaient subi une modification; c'est-à-dire que le peigne de devant était immobile, tandis que le peigne de derrière se subdivisait en deux moitiés qu'on peut considérer comme deux peignes à part, dont l'un fonctionnerait entre le peigne de devant et celui de derrière. Ces deux moitiés de peigne avaient des mouvements indépendants l'un de l'autre pour le transport des navettes.

Avec les machines que nous avons décrites, quoiqu'on atteignît un certain degré de perfection dans le travail, on ne pouvait cependant pas faire de tulle à dessin, soit en exécutant une broderie sur le tissu, soit en y ménageant des jours. On pouvait seulement, en enlevant une bobine à de certaines distances, faire que le tissu s'exécutât en forme de bandes. Quelques fabricants, entre autres MM. Widdowson, Bussel et Bailey fils, à Paris, en 1835, parvinrent à produire ces bandes avec des bords à jours ou à découpures.

En 1832, M. Ambroise Brewin, de Saint-Quentin, importa et perfectionna un système qui consistait à adapter aux métiers à tulle-bobin les aiguilles et les guides dont on se sert dans le *métier à malines* Mechlin

(Warp-machine), afin d'exécuter des broderies sur le tulle déjà fabriqué.

MM. Hazard, Meyns et Bruxelles, de Calais, proposèrent, en 1837, un mécanisme qui effectuait le même ouvrage.

MM. Mallet frères, à Calais, en 1838, fabriquèrent, sur les métiers à *tulle-bobin* perfectionnés, des tulles à étoiles ou à grains d'orge, et cela d'après deux systèmes qui consistaient à exécuter ces dessins, soit au moyen des fils de la trame, soit au moyen de ceux de la chaîne. A cet effet, ils rendaient immobiles pendant la formation des étoiles ou grains d'orge: dans l'un des cas, ceux des fils de la chaîne qui étaient inutiles à la confection du dessin, et les bobines qui continuaient à les traverser, n'avaient aucune action utile à la confection du tulle; dans l'autre cas, c'étaient les bobines inutiles à la formation du dessin qui s'arrêtaient, et les fils de la chaîne continuaient à marcher, n'ayant d'action utile qu'aux endroits où les bobines continuaient à les traverser.

M. Debette Vissocq, de Calais, fit en 1841 des essais pour fabriquer sur les machines construites suivant le système Levers, du *tulle-tresse* (plat-net), uni et à broderie.

A cet effet il employa plusieurs barres de guides sur lesquelles il disposait les fils de deux chaînes pleines et distinctes. Le travail des bobines autour de la première se faisait à revers; c'est-à-dire que les roues qui produisent les mouvements nécessaires aux *tors* agissaient en sens inverse du mouvement nécessaire pour la fabrication du tulle ordinaire; cette chaîne était mise en mouvement par une seule barre de guides. L'autre chaîne, autour de laquelle le travail des bobines se faisait dans le sens ordinaire, était commandée par deux barres pour le *tulle-tresse* uni, et par un nombre indéterminé pour le tulle-tresse à broderie, suivant le dessin qu'on voulait exécuter. Les *moulins* imprimant le mouvement à ces barres devaient aussi être organisés et taillés suivant le dessin demandé.

Nous mentionnerons encore, comme s'étant activement occupés au perfectionnement des métiers à tulle, MM. Machu et Black, de Lille, qui prirent plusieurs brevets à ce sujet en 1835 et 1838.

Nous indiquerons aussi, à cause du rapprochement de ses perfectionnements avec le métier représenté dans nos planches, M. Daniel Kirck, de Caen, qui modifia, en 1840, la machine de Levers. Rendant immobile les peignes circulaires, il opéra toute la torsion des fils par le seul mouvement des *barres de guides* dont il avait, à l'exemple de quelques autres personnes, augmenté le nombre.

A cette époque, l'application du mécanisme Jacquart à la fabrication du tulle devint presque générale; mais ce fut à Calais qu'on s'en occupa le plus activement.

MM. Jourdan et Ce, de Cambrai, en 1838; M. Andriès, de Calais, en 1840, et d'autres, travaillèrent pour l'application de ce principe.

M. Pearson, à Calais, appliqua, en 1840, le métier à tulle-bobin à la confection d'un nouveau point imitant le point de Valenciennes; et à cet

effet il utilisa avantageusement la machine à la Jacquart, faisant, par ce moyen, mouvoir des lames qui, fonctionnant entre les fils de la chaîne, les écartaient ou les rapprochaient les uns des autres pendant le croisement des fils de la trame.

Deux ans après, en 1842, MM. Herbelot fils et Genet Dufay, à Calais, inventèrent deux moyens d'appliquer le Jacquart aux métiers à tulle : le principe de ces deux applications était de commander, au moyen du Jacquart, les barres de guides mêmes de la machine, barres qui étaient plus ou moins nombreuses, suivant le dessin qu'on voulait obtenir.

Dans leur première application, on a une rangée de leviers agissant chacun sur une des barres. Contre ces leviers viennent butter des pièces en forme de gradins ou escaliers, qui glissent dans la partie supérieure de chariots, auxquels une came ou excentrique imprime un mouvement vertical alternatif. A chacune de ces pièces correspond une série de tiges des même nombre que les degrés ou les marches d'escaliers, et de longueurs différentes. Contre ces tiges frappe le battant du Jacquart. Suivant la longueur de la tige repoussée par le carton, la pièce en gradins glisse d'une quantité plus ou moins grande dans son chariot, et dans son mouvement de bas en haut présente une marche plus ou moins élevée au levier qui, étant par cela soulevé d'une quantité plus ou moins grande, agit de façons diverses sur la barre de guides correspondante, et par conséquent sur les fils.

Dans la seconde application, on a, de même, des leviers sur lesquels agit une roue à circonférence interrompue ou à crans. La forme de cette roue varie suivant le dessin. Le Jacquart agissant, au moyen de petites tiges, directement sur les leviers, les maintient, à des moments donnés, plus ou moins en dehors de la portée de la roue.

Les perfectionnements qui ont été depuis lors apportés à ces applications du Jacquart aux métiers à tulle, n'étant pas encore pour la plupart dans le domaine public, nous croyons devoir passer maintenant à la description de la machine représentée sur les planches 28 et 29.

Dans cette machine le nombre des barres de guides est réduit à deux, le Jacquart agissant directement sur les fils, disposition très-avantageuse pour produire à volonté dans le tissu des jours qui forment des dessins variés.

Le point du tulle produit sur cette machine est tout à fait différent du point hexagonal dont nous avons parlé. Nous tâcherons de bien faire voir ce point, ainsi que les croisements successifs des fils, qu'ils soient ou ne soient pas produits avec le Jacquart, après avoir expliqué la disposition de la machine et ses divers mouvements.

DESCRIPTION DU MÉTIER A TULLE, REPRÉSENTÉ PL. 28 ET 29.

Comme nous avons déjà donné une description complète du métier à *la Jacquart* (voir V^e vol., pl. 36 et texte), nous ne la répéterons pas pour l'application actuelle; nous nous contenterons de développer la manière dont son action est communiquée à l'ouvrage et comment la machine le met en action.

La fig. 1, pl. 28, représente une coupe verticale faite par le milieu de la machine, perpendiculairement à sa longueur.

La fig. 2, pl. 29, est une vue par bout du côté gauche de la machine, en élévation, et la fig. 3 est une section verticale faite par l'axe de cette partie gauche, suivant la longueur du métier.

La fig. 4 est une autre vue en élévation du côté droit, et la fig. 5 une seconde section verticale par l'axe de cette extrémité.

La fig. 6, pl. 28, représente la machine dans son ensemble, vue de face du côté où se place l'ouvrier.

Les fig. 7 et 8, pl. 29, représentent les positions respectives des excentriques appliqués à gauche et à droite de l'appareil.

Enfin les fig. 9 à 15, réparties sur les deux planches, sont les détails de plusieurs des pièces principales de la machine.

Et la fig. 16 montre un échantillon de tulle à dessins variés que nous avons vu fabriquer sur cette machine.

Marche des fils (fig. 1). — Les fils de la trame *p* proviennent des rangées de bobines *a* et *a'* disposées des deux côtés de l'appareil.

Ces bobines sont au nombre de 800, nombre qui du reste peut varier suivant la longueur qu'on donne à la machine.

A partir des bobines, ces fils *p* passent par une bande en fer *b*, percée de trous aussi nombreux que les bobines et s'étendant dans la longueur de la machine (fig. 11). Les fils sont tendus continuellement au moyen d'œillets *c* (fig. 12), auxquels sont suspendus librement des lingots ou plombs *d*. De là les fils passent par une autre bande trouée *e*, qui sert à les maintenir séparés les uns des autres et à les guider d'abord sur un rouleau *y*, contre lequel ils ne font que glisser pour passer ensuite dans l'œil des petits crochets *f* appelés *Jacks* et qui reçoivent l'action du Jacquart. Les fils *p* se rendent de là entre des crochets *g* disposés obliquement et représentés dans leurs deux projections (fig. 10). Ces crochets sont sur une barre qui joue le rôle d'une barre de guides. Deux fils de métal *g'* les traversent dans toute l'étendue de leur rangée et empêchent que les fils *p* n'en sortent lorsqu'ils sont tirés par le Jacquart. Les fils de chaîne *p'* provenant de l'ensouple a^2, que des ressorts *z* empêchent de tourner librement, passent par les œils d'une rangée de guides *h* disposés sur une barre parallèle et très-rapprochée de celle des crochets *g*. Ces deux barres ont un mouvement de va-et-vient dans le sens de leur longueur, mouve-

ment qui n'est pas tout à fait simultané, de sorte que les fils p et p' se rapprochent et s'éloignent alternativement un peu l'un de l'autre.

Une troisième classe de fils p^2, qui se déroulent d'une série de bobines i montées sur des chariots j dans une seule rangée (fig. 9), se croise avec les précédents. Ces chariots j glissent entre les dents de deux peignes circulaires ou rangées de lames recourbées k (fig. 13), disposées vis-à-vis l'une de l'autre. Ces peignes k sont immobiles. Le mouvement des bobines i est perpendiculaire à celui des barres g et h; il leur est communiqué par deux pièces l l' qui saisissent alternativement deux saillies situées à la partie inférieure des chariots (fig. 9).

Le croisement des fils p^2, qui servent à lier la trame avec la chaîne a lieu tantôt d'un côté, tantôt de l'autre de chaque fil p', vu le mouvement de va-et-vient des barres g et h, ce qui a pour effet de les tordre ensemble. Ce croisement combiné avec le développement des fils de trame forme le *tulle* que l'on veut obtenir.

Deux peignes ou barres de pointes m m' agissant l'un après l'autre de bas en haut, s'engagent entre les fils au-dessous de leur croisement et serrent l'ouvrage contre la pièce fixe n, au bas de laquelle est la *ligne centrale*, ou ligne suivant laquelle se fait l'ouvrage.

Les crochets ou *Jacks* f, sont fixés sur un arbre O qui a un mouvement oscillatoire en sens inverse du mouvement ascensionnel des fils q du Jacquart. Ce mouvement a pour but de maintenir sûrement, dans la position qu'ils doivent occuper, ceux des fils p sur lesquels le Jacquart n'agit pas, tandis que ceux des Jacks sur lesquels il agit, étant tirés en arrière par les fils q, sont obligés de se courber comme un ressort.

Les fils p tirés par le Jacquart, lorsque les tringles à crochet r sont soulevées par la marche ascensionnelle des châssis s, viennent occuper la position 1 (voyez la projection horizontale, fig. 10), entre les crochets g; tandis que ceux des fils qui ne sont pas tirés par le Jacquart viennent occuper, par le mouvement oscillatoire de l'arbre o qui porte les Jacks, la position 2 (fig. 10). Lorsque le Jacquart tire un des fils p, celui-ci vient se placer par rapport à un fil p' dans une position telle que le fil p^2 les entoure tous deux et les relie ensemble, c'est ce qui forme un jour; si au contraire le fil p n'est pas sollicité par le Jacquart, les fils de liaison adjacents entourent chacun de ces fils pour le relier aux deux fils de chaîne adjacents, et cela forme du tulle plein.

L'ouvrage fait s'enroule sur une ensouple a^3, qui est animée d'un mouvement extrêmement lent, mouvement qui a aussi l'effet de maintenir tous les fils tendus.

Les 800 bobines a a' sont traversées par des axes fixés à des châssis en fer t et tournent librement sur elles-mêmes. Ces axes portent à leur extrémité une rondelle u (fig. 14), contre laquelle butte un ressort à boudin v qui presse continuellement contre la douille x de la bobine et l'empêche de tourner trop librement.

800 fils p' se déroulent de l'ensouple a^2; autant de fils p^2 proviennent des bobines i. On comprend qu'il faut le même nombre de Jacks et de fils q du Jacquart. De même il faut 800 crochets g et le même nombre de guides h et de pointes m et m'.

Le métier ainsi établi fait du tulle de la largeur de 1m 85 cent.

EXPLICATION DES FIG. 2, 3, 4, 5.

A, arbre moteur. A′, manivelles qui commandent l'arbre A.

Sur cet arbre est fixée la roue droite A^2, qui engrène avec l'intermédiaire A^3, laquelle commande la roue A^4 fixée sur l'arbre A^5.

Sur cet arbre A^5 sont calés les excentriques 1, 2, 3, 4, 5 et 6 (extrémité de gauche, fig. 3 et 7), et 1^2, 2^2, 3^2 (extrémité de droite, fig. 5 et 8).

MOUVEMENT DES BOBINES DANS LES PEIGNES CIRCULAIRES. — L'excentrique 1 (côté gauche) agit sur un galet 1′ monté sur un levier B, lequel communique le mouvement au conducteur l au moyen de la bielle C. Cette bielle, par la manivelle C^2, fait décrire un arc de cercle à la pièce l autour du boulon inférieur de la pièce l^2 qui porte ce conducteur l.

A l'autre bout de la machine, le même jeu a lieu. L'excentrique 1^2 agit sur un galet 1^3 (fig. 8), fixé à un levier B′ qui, au moyen d'une bielle C′ et d'une manivelle C^3, fait décrire un arc de cercle au conducteur l'.

Ces deux excentriques 1 et 1^2 doivent être calés sur l'arbre A^5, de manière que l'un soit en haut quand l'autre est en bas, afin que les conducteurs agissent alternativement.

C'est ce qui fait marcher les chariots j de la manière décrite plus haut.

MOUVEMENTS DES PEIGNES QUI OPÈRENT LE RENTRAGE DU FIL. — L'excentrique 2 (côté gauche) agit sur le galet 2′ monté sur un levier coudé D qui commande la manivelle E par l'intermédiaire d'une patte à coulisse F, ce qui donne aux pointes m leur mouvement de va-et-vient, en les engageant dans les fils ou en les dégageant.

De l'autre côté, l'excentrique 2^2 commande de même les pointes m' par l'intermédiaire d'un galet 2^3, d'un levier coudé D′, d'une patte à coulisse F′ et d'une manivelle E′.

Ces excentriques 2 et 2^2 doivent être calés sur l'arbre A^5 de manière à agir alternativement.

L'excentrique 3 (côté gauche) agit à la fois sur deux galets 3 montés sur des leviers coudés H et H′, lesquels, au moyen de bielles I, I′, commandent les pièces G, G′, leur faisant décrire un arc de cercle sur le bouton de la manivelle E. Comme ces pièces sont fixées avec les bras qui portent les pointes m, m', ces pointes décriront cet arc de cercle en sens inverse des pièces G, G′.

C'est là le mouvement de bas en haut par lequel les pointes m, m', *rentrent* les mailles contre la pièce n comme nous l'avons expliqué.

A l'autre extrémité du métier, un excentrique 3^2 agit de même et

simultanément avec l'excentrique 3 de manière à l'aider dans son mouvement. Cela a lieu au moyen de galets 3^{a}, de leviers coudés H, H′, de bielles à coulisse I, I′ et de pièces G, G′.

Un autre mouvement est imprimé aux pointes *m*, *m′*. Des guides *o* fixés au côté droit de la machine (fig. 5) ont une forme légèrement bombée, de manière que les barres porte-pointes *m*, *m′*, forcées par un ressort d'appuyer, dans le second mouvement décrit, contre les guides *o*, et d'en suivre les sinuosités, reçoivent un léger mouvement horizontal de va-et-vient, suivant leur longueur, mouvement qui aide aux pointes à chercher leur chemin à travers ces fils.

Mouvement oscillant des jacks. — L'excentrique 4 agit sur le galet 4′ de la manivelle J, laquelle manivelle fixée à l'arbre O, sur lequel sont fixés les Jacks, lui imprime son mouvement d'oscillation.

Mouvement du battant du jacquart. — L'excentrique 5 agit sur le galet 5′ monté sur le levier K. Ce levier communique son mouvement à la bielle K′ qui au moyen de la manivelle K^2 fait tourner l'arbre K^3. A cet arbre sont fixées les manivelles K^4 qui au moyen de bras K^5 font marcher le battant du Jacquart V.

Mouvement vertical des tringles du Jacquart. — L'excentrique 6 agit sur le galet 6′ fixé au levier L. Ce levier fait tourner l'arbre L′ et par conséquent décrire un arc de cercle à la manivelle L^2 fixée à cet arbre. Celle-ci, au moyen d'une bielle L^3 et d'une autre manivelle L^4, fait tourner l'arbre L^5 auquel sont fixés des bras L^6 qui élèvent ou abaissent les châssis S du Jacquart, pour soulever les tringles à crochet *r*.

Mouvement de va-et-vient des barres de guides. — A l'extrémité de droite de l'arbre horizontal A^5 est montée la roue d'angle M qui engrène avec une roue fixée à l'arbre M′ et imprime à cet arbre un mouvement de rotation. A la partie supérieure de celui-ci sont calés deux excentriques M^2, M^3 (fig. 13), qui agissent l'un après l'autre sur des leviers coudés M^4, M^5. Ces leviers, attachés aux barres des crochets *g* et des guides *h*, leur communiquent le mouvement de va-et-vient décrit plus haut.

Mouvement d'enroulement de l'étoffe. — Un mouvement très-lent est imprimé à l'ensouple a^2 : — chaque fois que la barre sur laquelle sont fixées les pointes *m′*, arrive au haut de sa course, elle soulève la pièce coudée N. A cette pièce N est fixé un crochet N′ qui fait marcher la roue N^2 de deux dents. Cette roue porte sur son arbre la vis N^3 qui engrène dans la roue héliçoïdale N^4 sur l'arbre de l'ensouple a^2, qui, par ce renvoi de mouvement, marche d'une très-petite quantité à la fois.

PARTIES FIXES DU MÉTIER.

R, R′, bâtis en fonte, réunis par les traverses R^2, R^3. Des montants S′ fixés à ces traverses, supportent le bâti en fonte S^2 du mécanisme à la Jacquart.

T, châssis en fonte sur lesquels sont fixés les peignes *k*. Ces pièces T sont munies de deux poignées T′ qui permettent à l'ouvrier de les retirer quand un fil se casse, ou quand il veut remettre du fil dans les bobines *i* des chariots.

T², supports sur lesquels s'appuient les châssis T.

U, arbres sur lesquels sont montées les manivelles E, E′, qui donnent le mouvement de va-et-vient aux barres porte-pointes *m*, *m′*.

P, supports dans la tête desquels glissent les barres *g* et *h*.

Les nombreux ressorts à boudin représentés sur les dessins servent à rappeler toutes les pièces agissantes de la machine dans les positions dont les excentriques les déplacent.

FORMATION DU POINT OU DE LA MAILLE, FIG. 17 A 21, PL. 29.

On a déjà pu reconnaître, par la description qui précède, que le tulle confectionné sur ce métier se compose de trois séries diverses de fils, savoir :

1° La *chaîne*, fils longitudinaux, s'étendant dans toute la longueur du tissu.

2° La *trame*, fils transversaux, formant des zigzags réguliers entre chaque fil de la chaîne.

3° Des fils de liaison tordus autour de chaque fil de la chaîne et le liant aux deux fils de trame ou zigzags adjacents.

Nous allons nous efforcer de rendre intelligible pour nos lecteurs la formation successive des mailles à l'aide des fig. 17, 18, 19 et 20.

Désignons par les nombres impairs 1, 3, 5, 7 et 9 les fils de la chaîne; ces fils proviennent, comme on se le rappelle, de l'ensouple a^2 (fig. 1).

Indiquons par les nombres pairs 2, 4, 6 et 8 les fils de la trame qui se déroulent des bobines *a a′*.

Enfin désignons par les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, *e* les fils de liaison, ceux qui, dans la machine, proviennent des navettes ou chariots *j*.

Partons du moment où une rangée de mailles vient de se former (fig. 17), et examinons comment les mailles suivantes se formeront.

Les dents du peigne *x* sont encore entre les fils et ne s'en retireront que lorsque les mailles suivantes seront assez avancées dans leur formation pour que les précédentes ne risquent pas de se déranger.

Les fils de la chaîne ou *impairs* passent, comme on le sait, par les guides *h*, et les fils de la trame ou *pairs* par les crochets-guides *g*.

Les chariots *j* sont dans le peigne circulaire de devant.

Les barres *g* et *h* marchent de gauche à droite, de manière que les fils pairs et impairs prennent la position de la fig. 18, et se croisent comme suit:

Le fil de la trame 2 avec le fil de liaison *b;* le fil 4 avec le fil *c*, 6 avec *d*, et 8 avec *e*.

Les chariots passent alors du peigne de devant dans celui de derrière.

Le peigne ou barre de pointes de derrière *y* descend et vient appuyer du côté droit des fils *a*, *b*, *c*, — Par son mouvement de va-et-vient dans le sens de sa longueur, ce peigne presse contre ces fils dans la direction de la gauche, afin de passer, en avançant, bien sûrement à gauche des fils 2, 4, 6, etc. Alors le peigne *y* monte tandis que celui *x* se retire des mailles, de sorte que le croisement des fils *a*, *b*, *c*, etc. avec ceux 2, 4, 6, etc, se trouve élevé à la position de la fig. 19.

Les barres des guides *g* et *h* marchent de droite à gauche, et par conséquent les fils qu'elles dirigent, pairs et impairs, sont entraînés dans la direction de gauche (fig. 20).

Les chariots passent du peigne de derrière dans celui de devant, la barre porte-pointes de devant *x* vient, dans un mouvement pareil à celui décrit pour *y*, relever le croisement des fils, tandis que les pointes du peigne *y* se retirent et que les fils se retrouvent dans la position de la fig. 17, avec cette différence qu'une double maille de plus se trouve faite, c'est-à-dire que les fils de la trame ont traversé les intervalles des fils de la chaîne une fois de gauche à droite et une fois de droite à gauche.

Toute la fabrication du tulle continue exactement comme nous venons de le décrire.

Il va sans dire que les proportions de nos figures ne sont pas exactes, nous avons seulement voulu, dans un petit espace, démontrer la marche des fils.

Pour former des jours, il suffit évidemment que le croisement de quelques-uns des fils 2, 4, 6, 8, etc. avec leurs fils de liaison *a b c d*, correspondants, n'ait pas lieu.

Ainsi (fig. 21) les fils 2, 6 et 12 se croisent avec les fils de liaison *a*, *c* et *f*. Le peigne *x* passe ses dents sous leur croisement, de sorte que la formation des mailles aura lieu pour les intervalles de la chaîne 1 à 3, 5 à 7 et 11 à 13, avec la même régularité que dans les fig. 17, 18, etc.

Mais les fils 4, 8 et 10 sont sollicités par le Jacquart au moment où la marche de droite à gauche a lieu, de telle sorte qu'ils ne peuvent pas avancer suffisamment dans la direction de gauche pour se croiser avec les fils *b*, *d* et *e*. Il en résulte que les chariots passeront d'un peigne à l'autre sans les rencontrer, et que les dents correspondantes du peigne *x* remonteront, pour ainsi dire, à vide.

Ainsi le fil de trame 4 ne sera pas relié, par le fil de liaison *b*, au fil de chaîne 3 autour duquel le fil *b* se tord; il y aura donc à cette place une solution de continuité dans les zigzags de ce fil de trame 4. C'est ce qui constitue un jour. Il en sera de même pour les fils 8 et 10.

On comprend facilement que tant que le Jacquart agira sur ces fils, ils ne parviendront pas à se relier au fil de chaîne, placé à leur gauche, et que par conséquent ils resteront collés à leurs fils de chaîne de droite, et que le fil de liaison correspondant se tordra autour de ces deux fils.

On verra de même que l'on peut avoir autant de jours qu'on voudra à

côté les uns des autres (horizontalement), jours qui seront séparés par des cordons formés d'un fil de chaîne et d'un fil de trame autour desquels un fil de liaison est roulé en spirale.

Nous avons indiqué dans la fig. 21 divers jours ainsi ménagés.

La fig. 16 du dessin, planche 23, peut, en complétant ce que nous venons de dire, donner une idée des genres de dessin que l'on obtient de cette manière avec cette ingénieuse et intéressante machine.

PARACHUTE INVENTÉ PAR M. FONTAINE,

POUR PRÉVENIR LES ACCIDENTS DANS LES PUITS DE MINES

PAR LA RUPTURE DES CABLES.

La profondeur des exploitations dans les mines d'Anzin a déterminé leur direction à employer le moteur mécanique des puits d'extraction pour faire descendre ou remonter les ouvriers, et à ne conserver les échelles que comme voie de secours. Pour régulariser la marche des appareils dans lesquels les ouvriers sont placés, éviter les rencontres et les chocs, des guides en bois sont établis dans toute la profondeur des puits; mais il restait encore un danger à prévenir, celui de la rupture du câble auquel ces appareils sont suspendus. Un simple contre-maître, attaché aux ateliers d'Anzin, M. Fontaine, a résolu le problème. Moitié invention, moitié perfectionnement, il a construit un système de parachute évidemment supérieur à tout ce qu'on avait imaginé de semblable jusqu'à présent, et la preuve de cette supériorité résulte de ce fait même, que les précédents systèmes, restés à l'état d'essai, n'ont point été adoptés, et que le parachute Fontaine, appliqué par la Compagnie d'Anzin, depuis deux ans, a complétement justifié l'opinion qu'on en avait conçue.

Une première fois, le câble soutenant une cage dans laquelle était une berline remontant un ouvrier, se rompit presque à l'orifice du puits; 500 mètres de cordes, pesant 2,000 kilogrammes, furent précipités dans le puits. Le parachute supporta ce poids en même temps qu'il retint la cage, et l'ouvrier fut préservé.

Un second accident fut produit récemment par la rupture de la corde d'extraction à un mètre seulement au-dessus de la cage qu'elle portait, et à 50 mètres du fond de la fosse. Cette cage contenait quatre ouvriers. Les griffes du parachute se déployant par le jeu du ressort que la rupture de la corde détend d'elle-même, entrèrent dans les guides, et tinrent suspendus dans la fosse les quatre ouvriers qui n'avaient éprouvé qu'un temps d'arrêt, et qui ne s'aperçurent de ce qui était arrivé, que quand on vint les chercher à l'aide d'une autre corde.

Ainsi, cinq ouvriers doivent certainement la vie à M. Fontaine, et la connaissance de ces faits doit dissiper tous les doutes sur ce système de parachute qui sera probablement adopté par tous les exploitants qui font descendre et remonter l'ouvrier par les moyens mécaniques.

MM. les ingénieurs des mines ont constaté les résultats des deux accidents qui viennent d'être énoncés, et l'efficacité du parachute Fontaine, pour préserver les hommes à la fois de la chute des corps qui peuvent être lancés au-dessus de leurs têtes, et de leur propre chute, en cas de rupture du câble qui les supporte; leur dernier rapport est concluant sur tous les points.

APPAREIL COMPLET
POUR LE NETTOYAGE DES BLÉS,

Par M. BARON fils, Mécanicien à Pontoise.

(PLANCHE 30.)

Nous avons donné dans le 1er volume de la *Publication industrielle* la description du système de tarare vertical le plus généralement employé dans les moulins ou minoteries pour le nettoyage des blés; nous avons alors indiqué les trois opérations successives qu'on fait éprouver aux grains, soit pour enlever les pailles et les mottes de terre, soit pour en détacher la barbe et la poussière adhérentes à la pellicule, soit enfin pour séparer les déchets et les petits blés des bons blés qui doivent toujours être moulus séparément.

L'appareil de M. Baron, qui s'est fait une spécialité de la construction des moulins, permet de réunir, dans un seul et même emplacement, un système complet de nettoyage comprenant chacune des parties essentielles qui forment les trois opérations successives. Appliqué à une minoterie d'une certaine importance, cet appareil est complexe, c'est-à-dire qu'il comprend plusieurs tarares placés les uns à côté des autres, pouvant se communiquer deux par deux, et ayant également deux cylindres cribleurs.

L'auteur a apporté dans ce genre de machine plusieurs modifications essentielles. Ainsi, les tarares ou cylindres verticaux ont une forme sensiblement conique au lieu d'être cylindriques, ce qui permet de varier au besoin l'écartement qui doit exister entre leur surface extérieure, couverte de tôle criblée, et la paroi intérieure de la chemise qui les enveloppe. Ces tarares, au lieu d'être commandés par des arbres de couche, sont directement mis en mouvement, soit par une roue horizontale qui engrène avec les pignons droits rapportés au sommet de leurs axes, soit par des poulies et des courroies.

Les figures du dessin pl. 30 peuvent donner une idée suffisamment exacte des dispositions adoptées par le constructeur.

La fig. 1re représente en élévation ou coupe verticale suivant la ligne 1-2, et la fig. 2e, en section transversale suivant la ligne 3-4, un appareil

complet susceptible de satisfaire au travail d'un moulin de huit à dix paires de meules.

Il se compose de cinq tarares verticaux, dont le premier, le plus court, destiné à alimenter les deux autres paires, se distingue par sa forme particulière autant que par ses dimensions.

Ainsi on voit qu'il forme un double cône A A′ évasé par le haut et par le bas, et renfermé dans une chemise de même forme B, B′, qui lui est concentrique, et qui, comme toute sa surface, est garnie de tôle piquée. Solidaire à l'arbre vertical C par les plateaux ou croisillons *a*, *a′*, ce cône renferme à l'intérieur des palettes en bois *b* qui font l'office de ventilateurs et qui tendent à projeter au dehors toute la poussière que dégage la pellicule du blé constamment froissée entre les deux surfaces coniques couvertes d'aspérités.

Ce premier tarare est surmonté d'un crible émotteur D de forme rectangulaire, composé d'un châssis légèrement incliné suspendu par des courroies à des anneaux *c*, et recevant un mouvement saccadé plus ou moins énergique par une simple came rapportée sur le même arbre vertical C. Ce châssis est à double fond : le premier, *d*, qui se prolonge jusqu'au bout, est en tôle percée de trous longs, dont les dimensions sont telles qu'ils permettent aisément aux grains de blé de passer au travers, mais non aux mottes de terre, aux pailles et aux pierres qui sont plus grosses que le blé, et qui par cela même sont amenées au dehors; le second fond *e* est en tôle pleine et forme une sorte de trémie aplatie qui reçoit le blé du premier fond, et le verse dans le conduit *f*, d'où il tombe sur le plan incliné E.

Dans cette chute, il est fortement ventilé par les palettes droites et verticales du ventilateur F, disposé au-dessous de l'émotteur et sur le même arbre vertical C. Les pailles légères qui ont pu être entraînées avec le grain sont nécessairement projetées au dehors par l'action du ventilateur, tandis que le blé, qui est plus lourd, descend le plan incliné et tombe par le tube ouvert *g* à l'entrée du tarare, entre la tôle qui garnit le double cône A, A′, et celle qui garnit la chemise B, B′.

On sait que par la rotation rapide imprimée à l'axe C, le grain ne peut descendre en ligne directe, parce qu'il est constamment projeté d'une surface sur l'autre, de sorte qu'il n'arrive à la partie inférieure qu'après avoir parcouru un plus ou moins grand nombre de circuits héliçoïdes, et avoir été par suite froissé dans tous les sens. Parvenu enfin à la base du cône, il ne trouve d'autre issue que le tuyau *h*, d'où il tombe sur un second plan incliné E′ semblable au premier, recevant également dans cette chute l'action de l'air du ventilateur F′, monté de même sur l'arbre vertical C.

Chacun de ces ventilateurs est renfermé dans une enveloppe en tôle ou en bois fixée sur deux fonds parallèles et ouverts à leur centre pour donner passage à l'air extérieur. De même, le double cône A, A′ est ouvert à ses

deux bases opposées, afin d'y permettre l'entrée de l'air qui en sort par toutes les petites ouvertures de sa tôle percée.

Le blé, qui a reçu ainsi un premier nettoyage, est amené par un conduit incliné dans la partie inférieure des deux boîtes d'élévateurs G, d'où il est remonté jusqu'à la partie supérieure de l'appareil pour de là retomber par les conduits ou tuyaux *i*, *i'*, dans les deux autres tarares parallèles et coniques H, H'.

Ceux-ci se composent de deux cônes semblables beaucoup plus hauts que le précédent, et entourés chacun d'une chemise I ou I' qui, comme toute leur surface extérieure, est garnie en tôle piquée. Ces chemises sont fixes, adaptées à des cercles et à des montants en bois.

Vers la partie inférieure de chaque cône sont aussi rapportées des palettes en bois *b'* qui font l'office de ventilateur et qui, comme précédemment, chassent la poussière qui se dégage du blé au fur et à mesure qu'il est froissé par les aspérités des tôles.

Les tambours coniques H, H' sont traversés dans toute leur hauteur par les axes en fer C' avec lesquels ils ont été préalablement tournés, ainsi que leurs tourteaux ou leurs croisillons, avec le plus grand soin, afin d'être parfaitement équilibrés et de ne pouvoir, par suite, faire éprouver, dans leur mouvement rapide de rotation, aucune vibration à la machine.

En réglant la hauteur de la crapaudine qui reçoit le pivot de chacun des arbres verticaux et qui est renfermée dans la poëlette en fonte *k*, on règle en même temps l'écartement qui doit exister entre la surface extérieure des tambours mobiles et la paroi intérieure de leur chemise. Cet écartement est tel qu'il ne dépasse pas 50 mill. à la partie supérieure et 30 à 35 mill. à la partie inférieure ; on peut le réduire d'ailleurs de la quantité désirable en serrant simplement la clavette qui se trouve sous la crapaudine.

Comme précédemment, le blé qui a déjà reçu un premier nettoyage et qui a été élevé par les chaînes à godets G, G', tombe des conduits *i*, *i'* à l'entrée des deux tarares, en traversant les couvercles *j*, *j'* (fig. 2), et entraîné par la rotation des tambours, ne parvient à la partie inférieure de ceux-ci qu'après avoir été froissé entre leur surface et celle des enveloppes extérieures, en décrivant une suite d'hélices ; il se projette enfin, par les conduits *l*, sur les plans inclinés J, où il est de nouveau soufflé par les ventilateurs K qui chassent au dehors toute la poussière qui aurait pu être encore entraînée avec lui.

De ces plans inclinés, le blé est amené par les conduits *m* à la tête des cylindres cribleurs L, qui sont nécessairement inclinés en sens contraire, et qui sont destinés à séparer les déchets, c'est-à-dire toutes les petites graines et les petites pierres qui ont pu passer à travers les tarares et que l'on ne doit évidemment pas moudre avec le bon blé.

On sait que le cribleur se compose généralement, soit d'un prisme à six pans, comme ceux représentés sur la fig. 1, soit d'un cylindre à base cir-

culaire, soit simplement d'un châssis rectangulaire à mouvement saccadé. Le cribleur prismatique adopté le plus généralement est construit d'une manière analogue aux bluteries à farines ou à sons.

Ainsi il se compose d'un arbre en bois M, traversé à ses extrémités par des tourillons en fer et portant de distance en distance des bras ou rayons *n*, qui s'assemblent avec les baguettes longitudinales *o*, à l'extérieur desquelles on fixe la tôle découpée qui forme le crible. Les trous de cette tôle sont alternativement longs et ronds, et de dimensions telles qu'ils ne permettent pas au bon blé de passer à travers, soit en longueur, soit par bouts. Les déchets ou les petits blés qui ont pu traverser le crible tombent dans la caisse inférieure N, au fond de laquelle sont ménagées des petites portes *p* qui permettent de les recevoir au-dessous.

Pour obtenir un nettoyage tout à fait complet, qui ne laisse rien à désirer, on peut encore soumettre le blé déjà criblé à l'action de tarares semblables aux précédents, en remontant le blé à nouveau à la partie supérieure de l'appareil, par les élevateurs O qui le déversent dans le conduit *q*, et de là à l'entrée des tambours coniques, et de leur chemise ou enveloppe I^2, de construction tout à fait identique à celles des précédents; on a seulement le soin, dans ce cas, de laisser moins d'écartement entre la surface des tôles.

Le mouvement de ces divers tarares est communiqué par la grande roue horizontale Q, à denture de bois, et qui engrène à la fois avec chacun des pignons droits en fonte P, rapportés au sommet des arbres verticaux C, C'. Cette roue horizontale est montée à l'extrémité supérieure de l'arbre vertical R, qui tourne aussi sur pivot et qui reçoit son mouvement de rotation du moteur de l'usine par la grande poulie en fonte S, sur laquelle on maintient la courroie par les deux goujons *r* fixés à vis sur la tige verticale *s*.

Sur le même arbre vertical est une roue d'angle T qui engrène avec une roue semblable T' dont l'axe horizontal en fer U est prolongé pour recevoir trois poulies *t*, *t'*, t^2, dont deux, celles de droite, communiquent avec celles *u*, pour commander les arbres horizontaux *v* de chacun des élévateurs, et la troisième t^2 communique avec celle inférieure *u'*, montée sur un axe intermédiaire, qui, par des engrenages droits tels que celui *x* (fig. 2), transmet le mouvement, en le retardant, aux cylindres cribleurs.

Dans quelques usines, M. Baron a monté ses tarares suivant la disposition indiquée sur la section verticale (fig. 3). Dans ce cas plus simple et applicable à des minoteries de moindre importance, le premier tarare A, A', à double cône, est surmonté d'une trémie V, qui renferme un émotteur prismatique X, construit d'une manière analogue au cylindre cribleur et qui, comme dans le premier appareil, reçoit en tête le blé provenant de la grande trémie Y, que l'on dispose, comme on sait, à l'étage supérieur.

Dans cette disposition, l'arbre vertical C du tarare est moins prolongé que dans la première, parce qu'au lieu d'être commandé par des engre-

nages, il reçoit son mouvement rapide par la poulie P′, rapportée à son sommet, et la grande poulie Q′ qui a autant d'étages ou de gorges superposées qu'elle doit commander de tarares semblables. L'axe vertical R′ de cette dernière porte d'autres poulies destinées à faire mouvoir les différentes parties de l'appareil.

Le blé peut être criblé directement, en sortant de ce tarare, par le cylindre cribleur L placé au-dessous, ou bien être remonté par un élévateur, dans un second tarare qui produit un deuxième nettoyage et qui l'amène ensuite au crible.

Ces sortes d'appareils qui, jusqu'à présent, n'ont été exécutés que par des constructeurs spéciaux, commencent à être mieux connus, et à s'établir, par suite à des prix très-modérés. Seulement on ne saurait trop en recommander la bonne exécution, pour qu'ils remplissent bien leur but, qu'ils soient solides et durables, et n'entraînent pas à de grands frais d'entretien, comme cela arrive trop souvent lorsqu'ils sont confectionnés par des menuisiers ou des charpentiers peu expérimentés qui ne savent pas y attacher toute l'attention, tout le soin désirables, et qui, avant tout, veulent faire et font à trop bon marché.



TIROIR A DÉTENTE POUR LOCOMOTIVES,

PAR M. J. HANREZ,

Chef d'atelier du chemin de fer belge, à Braine-le-Comte.

Cet ingénieur vient d'appliquer avec avantage, sur une locomotive à marchandises, une plaque en fonte à un seul orifice, reposant sur le dos du tiroir de distribution, qui est percé de deux lumières notablement plus étroites que celles du cylindre. Cette plaque est mobile dans le sens vertical, et fixe dans le sens longitudinal; son orifice central coïncide successivement avec les deux lumières du tiroir, ce qui permet, dit l'auteur, d'avoir une plus grande quantité de vapeur sur le piston, quand celui-ci travaille à détente.

Nous ferons connaître cette disposition intéressante avec détails dès que nous en aurons reçu tous les renseignements nécessaires.

MACHINE

A FRAISER OU DRESSER LES MÉTAUX,

CONSTRUITE SOUS LA DIRECTION DE M. MESMER,

A L'USINE DE GRAFFENSTADEN.

(PLANCHE 31.)

Nous avons publié, dans les différents volumes qui précèdent, un assez grand nombre de machines-outils, qui se répandent aujourd'hui dans tous les ateliers de construction. La machine que nous allons décrire doit être ajoutée à cette collection, en ce qu'elle est susceptible d'être employée avec avantage, non-seulement pour dresser les faces des écrous ou les têtes de boulons, mais encore pour fraiser, ou raboter, à la fraise certaines pièces en fer ou en fonte, avec plus de rapidité qu'on ne le fait sur les machines à raboter ordinaires. On est toutefois limité, dans ce cas, à des dimensions restreintes par les proportions données à l'appareil même.

Cette machine se distingue par la construction des diverses parties qui la composent, comme aussi par les conditions spéciales qu'elle permet de remplir; ainsi, outre le dressage des pièces, elle peut aussi servir, dans certains cas, comme tour en l'air ou comme tour à chariot, en substituant à la fraise, soit un plateau, soit une pointe et un toc.

L'usine de Graffenstaden, dont nous avons déjà fait connaître les travaux, a exécuté, particulièrement pour les ateliers de chemins de fer, un grand nombre de ces machines, sous la direction de l'ingénieur M. Mesmer, à l'obligeance de qui nous tenons la communication des dessins de construction, cotés et exacts, qui nous ont permis d'en donner la gravure réduite à l'échelle de 1/12e pour les figures d'ensemble.

La fig. 1re représente un plan général vu en dessus de la machine complète et prête à fonctionner.

La fig. 2 est une coupe verticale faite par l'axe suivant la ligne 1-2.

La fig. 3 en est une vue par bout du côté de la commande et de la poupée fixe.

La fig. 4 montre une section transversale du support à chariot faite suivant la ligne 3-4.

Cette machine se compose de quatre parties distinctes, savoir : le banc proprement dit, la poupée fixe et le mouvement de son arbre, la poupée mobile avec sa vis de rappel, et le support à chariot.

Le banc n'est autre qu'une sorte de plaque d'assise en fonte A à jours, qui est fondue avec des nervures transversales et avec plusieurs oreilles, par lesquelles on l'assujettit sur des charpentes ou des pierres de taille. Sa face supérieure est bien dressée afin de former une surface parfaitement horizontale et de recevoir les supports des poupées fixe et mobile.

Le premier de ces supports, celui B, qui se place en tête de la machine, y est retenu au moyen de quatre boulons à écrous *a* (fig. 1re), il présente par sa forme une sorte de prisme rectangulaire évidé à l'intérieur, n'ayant pas plus de trois centimètres d'épaisseur sur les deux côtés perpendiculaires au plan vertical, et quinze millimètres seulement sur les deux autres faces parallèles à ce plan. A sa partie supérieure, qui est évidée, il est dressé avec soin pour recevoir la poupée fixe C, que l'on y assujettit au moyen des deux longs boulons verticaux *b* et des traverses inférieures *c* appliquées sous la table du banc.

Cette poupée a beaucoup d'analogie avec celles des tours à engrenages, à vitesses variables; ainsi elle se compose de deux branches parallèles fondues avec la base et portant les coussinets en bronze *d*, serrés par les chapeaux en fer *e*, sur les tourillons de l'arbre principal D.

Sur cet arbre sont ajustés, d'une part, le cône à plusieurs diamètres E, qui y tourne fou avec le pignon droit *f*, et de l'autre, la roue dentée F, qui y est retenue par une clé et qui est fondue avec un renflement *g* pouvant servir au besoin de poulie.

Le pignon *f* engrène avec la roue droite G, de mêmes dimensions que la précédente F, et rapportée sur l'arbre intermédiaire *h*, qui porte aussi le pignon droit *i*, que l'on fait engrener avec la première roue F.

Ainsi, lorsque l'arbre D doit tourner à une faible vitesse, on met ces engrenages en communication, comme on le voit sur le dessin; comme c'est le cône qui commande le pignon *f*, qui fait corps avec lui et tourne comme lui fou sur l'arbre, il transmet à la roue G, d'après le rapport existant entre les diamètres, une vitesse trois fois et demie plus petite, et alors, comme il existe le même rapport entre le pignon *i* et la roue F, il en résulte que celle-ci et par suite l'axe D ne font guère que 1/10e de tour pour une révolution entière du cône.

Quand au contraire la vitesse de l'axe doit être grande, on relie le cône à la roue F par l'espèce de toc à vis *j* (fig. 2), afin de le rendre solidaire à l'arbre et de lui imprimer par suite la même rotation; dans ce cas il importe de dégrener les deux engrenages montés sur l'axe intermédiaire *h*. C'est ce que l'on fait en écartant celui-ci du premier, en retirant à cet effet les deux goujons *k*, qui retiennent ces coussinets dans les branches prolongées de la poupée C et en les faisant glisser sur celles-ci en arrière comme sur des coulisseaux.

Pour maintenir la buttée de l'arbre D, de manière à ce que, pendant le travail, ses embases n'exercent pas une pression trop considérable sur l'un des côtés de ces coussinets, on rapporte dans le bout une fausse pointe en acier *l*, contre laquelle on fait appuyer la tige taraudée *m*, qui est également aciérée et retenue par deux écrous, à l'oreille *n* fondue en saillie avec la seconde branche de la poupée.

A l'extrémité opposée du même axe se rapporte la fraise dentée H, qui doit servir à dresser les faces des écrous ou d'autres pièces et que l'on y retient solidement au moyen du boulon conique à clavette *o*.

Lorsque la machine doit servir de tour, on rapporte à la place de cette fraise et de son boulon, soit un goujon à embase, terminé extérieurement par un filet de vis sur lequel on ajuste un plateau, soit une contre-pointe, correspondante à celle de la poupée mobile.

Support a chariot. — Sur la face verticale antérieure du support vertical B, sont rapportés deux coulisseaux *p* entre lesquels on peut faire monter et descendre à volonté la chaise en fonte I, qui, à sa partie supérieure, présente une sorte de table horizontale évidée, et à sa partie inférieure une douille centrale, dans laquelle s'engage la tête de la vis de rappel J. Cette dernière, qui est à filets carrés de 8 millimètres de pas, traverse l'écrou en bronze K, boulonné sur la plate-forme, au-dessous de laquelle elle descend; elle porte le petit volant à main L, avec lequel on la fait tourner lorsqu'on veut élever ou baisser la chaise I.

C'est sur cette chaise que l'on place le support à chariot proprement dit, qui, comme dans les tours parallèles, est disposé de manière à recevoir plusieurs mouvements; il se compose à cet effet de différentes pièces dont l'une, celle inférieure M, qui porte toutes les autres, se promène dans le sens longitudinal au moyen de la vis de rappel N, qui traverse l'écrou en cuivre *q*, et que l'on fait tourner par le volant à poignée O, afin de rapprocher ou d'éloigner le support de la fraise ou de la pointe rapportée à l'extrémité de l'axe D.

Le disque rectangulaire M est évidé dans une grande partie de sa longueur pour le passage de l'écrou en bronze *r*, qui se fixe vers le milieu de la plaque de fonte P, ajustée à queue d'hironde au-dessus, afin de marcher dans une direction transversale au moyen de la vis de rappel *s* qui est retenue à ses deux extrémités et que l'on fait tourner soit à la main, par une manivelle rapportée sur le bout carré, soit par la machine même lorsqu'on engrène la roue dentée en hélice *t*, rapportée à l'autre bout, avec la vis sans fin *u*, qui est montée sur la tringle horizontale Q, dont l'extrémité prolongée porte la poulie R, commandée par celle *g* de l'arbre moteur.

Cette tringle Q est portée par une console *s*, qui est boulonnée contre la chaise I et par une oreille *v* fondue avec le disque rectangulaire M. Elle est prolongée parallèlement à l'axe du tour d'une quantité convenable pour permettre à la vis sans fin *u* de s'écarter ou de se rapprocher de la

poulie R suivant la position donnée au support à chariot, afin de rester constamment engrenée avec la roue héliçoïde *t*.

Ainsi, quand la courroie est placée sur les deux poulies *g* et R, et que l'arbre D est en mouvement, pendant que la fraise H tourne, la table P et tout ce qu'elle porte marche transversalement et avec elle la pièce qui est assujétie au dessus, et dont on veut dresser la surface parallèlement au plan de la face dentée de la fraise.

Comme il est quelquefois utile de faire pivoter la pièce à dresser sur elle-même, elle ne peut être fixée directement sur le plateau P, mais on en rapporte sur celui-ci un autre T, de même dimension, qui y est retenu par plusieurs vis ou boulons à écrous ronds et qui est traversé à son centre par une douille cylindrique *x*, dont on voit le détail fig. 5 et 6. Cette douille traverse aussi le disque circulaire U, qui est denté à sa circonférence, pour engrener avec la vis sans fin *y* dont l'axe prolongé porte la manivelle *z*; par conséquent, lorsqu'on manœuvre celle-ci le disque U tourne également mais avec 60 fois moins de vitesse, et fait tourner par suite la douille *x*. Le goujon en fer *a'*, qui est taraudé au centre de cette dernière et qui se prolonge au-dessus pour recevoir soit un écrou, soit une autre pièce quelconque percée au milieu pour être rabotée, est également entraîné dans cette rotation et entraîne la pièce avec lui. Lorsque l'écrou a une ouverture plus grande que le diamètre du goujon on l'y retient par un cône *c'* qui permet de le centrer pour le mettre immédiatement à sa place.

Quand, au lieu d'un écrou, on a à dresser les côtés de la tête d'un boulon, on visse celui-ci directement au centre de la douille, mais alors cette dernière est remplacée par celle *x'*, indiquée sur la coupe fig. 5 et la vue de face fig. 6.

Sur la base supérieure de l'une ou de l'autre douille *x* ou *x'*, on rapporte l'espèce de diviseur *d'*, qui est entaillé suivant six encoches à égales distances (fig. 7) et dans l'une desquelles on engage la dent d'un cliquet à poignée *e'*, afin de reconnaître lorsqu'on a fait mouvoir le système, d'un sixième de tour, pour correspondre aux têtes ou aux écrous à six pans. Pour le maintenir dans sa position et par suite empêcher l'écrou de tourner pendant qu'on dresse l'une de ses faces, on fait appuyer contre les cliquets le ressort méplat *f'* (fig. 1re); on est ainsi parfaitement certain de pouvoir faire des écrous à pans, avec une très-grande justesse et tous parfaitement réguliers.

Poupée mobile. — Sur la même plaque d'assise A, qui est prolongée à droite du support à chariot, est placée la chaise en fonte V, que l'on peut faire glisser sur cette plaque et maintenir dans une position fixe par les boulons à écrous *g'*. Cette chaise permet d'élever la poupée mobile X à la même hauteur que la poupée fixe, de telle sorte que sa pointe *h'* se trouve exactement sur la même ligne horizontale que le centre de l'arbre D, au bout duquel on rapporte une pointe semblable quand on veut tourner au

lieu de fraiser. Cette pointe h' est ajustée dans le bout de la tige horizontale Y qui traverse la longue douille cylindrique de la poupée, dans laquelle on la maintient par une vis de pression à poignée t'. Comme à l'ordinaire, on fait avancer ou reculer cette tige et sa pointe, en faisant tourner à la main le petit volant Z, qui est monté sur la tête de la vis de rappel h'.

Ainsi on voit que cette machine peut remplir, comme nous l'avons dit en commençant, la double condition de dresser les faces des écrous ou des têtes de boulons, comme aussi d'autres surfaces de faibles dimensions, et de tourner au besoin des arbres, des tringles ou d'autres pièces en fer ou en fonte comme sur un tour parallèle. Il peut être souvent avantageux pour les ateliers de construction d'avoir ainsi des appareils qui puissent servir à plusieurs opérations; c'est surtout très-convenable lorsqu'on n'a pas constamment à faire travailler la machine sur des objets semblables.

CHARDON MÉTALLIQUE

POUR LES LAINERIES, LES GARNISSEUSES OU APPRÊTEUSES,

Par M. NOS D'ARGENCE, de Rouen.

L'on s'est servi, jusqu'à ce jour, de chardons végétaux, qui ont l'inconvénient d'être d'un entretien très-dispendieux, et de s'user d'autant plus rapidement, qu'il faut les démonter très-souvent pour les faire sécher et curer; de là l'obligation d'avoir une très-grande quantité de cadres ou croisées, ce qui coûte beaucoup d'entretien, et, de plus, nécessite un local très-spacieux, tant pour les mettre à l'abri de l'intempérie du temps que pour les faire sécher à grands frais, surtout en hiver.

Le chardon métallique de M. Nos est composé de caoutchouc vulcanisé et de fil de fer galvanisé au procédé électro-chimique, ce qui permet de travailler dans l'eau sans craindre la rouille. Le caoutchouc permet de donner toute la souplesse que l'on désire, et, de plus, supprime les inconvénients et la grande dépense que le chardon végétal occasionne, puisque avec deux ou trois garnitures de numéros différents, on peut, suivant l'auteur, faire tout le travail. Il a, de plus, l'avantage d'avoir la même force en commençant comme en finissant; de n'exiger aucun temps d'arrêt pour le nettoyer, et par conséquent d'éviter une main-d'œuvre considérable. Ce chardon travaille sur toute l'étendue de la lainerie ou garnisseuse, étant d'une surface égale d'un bout à l'autre, ce qui abrège le travail au moins de moitié, ainsi que le temps perdu pour le démontage et le montage des cadres ou croisées.

L'emploi du chardon métallique ne nécessite aucun changement aux machines, et l'on peut travailler indistinctement, avec l'un ou l'autre chardon, sur la même lainerie.

FORGES. FABRICATION DU FER.

APPLICATION DES FLAMMES PERDUES DES FEUX D'AFFINERIE

AU CHAUFFAGE DES FERS DESTINÉS A ÊTRE ÉTIRÉS AU MARTEAU OU AU LAMINOIR,

Par **M. EUGÈNE KARR**, Ingénieur à Paris.

(PLANCHE 32.)

La quantité excessive de charbon de bois dépensée dans l'affinage des fers, la dépense souvent notable à ajouter encore à ce premier prix de revient pour réchauffer à la houille les fers à étirer, ont engagé M. Karr à rechercher, depuis plusieurs années, les améliorations qui pourraient utiliser, mieux que par le passé, le premier combustible et annihiler ou au moins diminuer la dépense du second. Les essais successifs que cet ingénieur a faits dans diverses usines qu'il a dirigées l'ont amené aux résultats les plus satisfaisants.

Nous allons d'abord expliquer la disposition de ses feux d'affinerie et du four de réchauffage placé au milieu d'eux, et nous pourrons ensuite bien faire comprendre les services que l'on doit attendre de ce nouveau procédé de chauffage, en indiquant le mode de fabrication que M. Karr a introduit dans l'usine où il a monté de ses appareils.

L'ensemble et la disposition des feux d'affinerie et du four de réchauffage de ce système sont exactement représentés à l'échelle de 1/30 dans le dessin, pl. 32, tels que l'auteur les a construits à Araga (Espagne) et tels qu'ils fonctionnent aujourd'hui dans ces usines.

La machine soufflante, dont il pouvait disposer, est distante de ces feux de 75 mètres environ ; la roue, qui lui donne le mouvement hydraulique, est en bois; c'est une roue en dessus de 5 mètres de diamètre et de 1^m20 de largeur entre les couronnes; les augets sont très-rapprochés et au nombre de 80. La vitesse à la circonférence est de 1^m05 par seconde.

Cette soufflerie est d'ancien système; elle a deux caisses carrées en bois

et à simple effet. M. Karr a un peu amélioré ses résultats, au moyen d'une disposition particulière des cuirs des pistons.

Le volume d'eau, dont on peut disposer, n'est que de 400 litres par seconde; la distance entre les niveaux supérieur et inférieur de l'eau est de 6 mètres.

D'après ces données, qui impriment à la machine une puissance utile de douze à seize chevaux, le vent produit desservant quatre feux d'affinerie du nouveau système, chacun d'eux dépense trois chevaux à trois chevaux et demi.

M. Karr a adopté, comme devant donner les meilleurs résultats, les conduits de vent en fonte, assemblés par emboîtement et jointoyés entre eux avec du mastic de fer; ce procédé, qui est économique, est, sans contredit, bien supérieur aux conduites de vent en zinc, en tôle ou en cuivre.

Outre le réservoir de vent placé au-dessus des caisses de la machine, et dont la capacité permet d'y maintenir 1m.c.50 d'air comprimé, l'auteur a placé, devant chacun de ses feux d'affinerie, des réservoirs particuliers en fonte, qui ont donné d'excellents résultats, comme puissance et régularité de vent.

Toutes les parois intérieures et les voûtes des feux d'affinerie et du four de réchauffage sont en pierres très-réfractaires. — L'ouverture de travail de ces feux est très-basse et étroite, et le mur en briques réfractaires, placé derrière la plaque de devant, forme avec elle une épaisseur de 20 centimètres. On obtient ainsi, non-seulement de bien concentrer la chaleur dans l'intérieur des feux, mais encore de permettre aux affineurs de travailler sans être trop incommodés de la chaleur reflétée au dehors.

Les dispositions et les formes des voûtes, longtemps étudiées et souvent modifiées jusqu'à celles adoptées aujourd'hui par l'inventeur, utilisent toute la chaleur développée par l'opération de l'affinage au bénéfice du four de réchauffage qui reçoit et conserve les flammes réunies des deux affineries; la voûte un peu surbaissée pour la moitié de la longueur du four oblige la flamme, poussée d'un côté par le vent de la soufflerie, et violemment attirée de l'autre par une cheminée de 16 mètres de hauteur, à lécher constamment les fers placés en travers des barreaux en briques, disposés dans la longueur du four.

On comprendra facilement l'énorme chaleur qui s'accumule dans le four de réchauffage, si l'on remarque la différence qui existe entre les entrées et la sortie de la flamme.

En effet, la somme des sections des deux conduits d'introduction est de 0m.c. 1520, tandis que la section du conduit de sortie n'est que de 0m.c.0675.

La cheminée de 16 à 18 mètres d'élévation, pouvant réunir les flammes de quatre appareils complets et de huit feux d'affinerie, empêche la flamme de rétrograder et de sortir par les ouvertures de travail, et elle l'attire avec une telle force, que les conduits qui séparent le four de la cheminée, et qui

n'ont pas moins de 15 mètres de longueur, sont au rouge-blanc à l'intérieur après deux jours de mise en feu.

Le four de réchauffage peut chauffer tous les fers destinés au laminage ou à être battus sans avoir besoin d'être soudés, — depuis les plus petits fers jusqu'à ceux de 25 à 30 kilog. et même au-dessus.

Par chaque heure et demie, on charge, chauffe et lamine dans chacun de ces fours 250k. de fers en belettes ou massiaux, — soit 16 chaudes par 24 heures ou un poids de 4000k.

Le déchet moyen est de 2 1/2 p. 100.

La dépense de main-d'œuvre est complétement nulle, les aides même des feux d'affinerie en étant chargés à tour de rôle.

La couleur des fers laminés est parfaitement bleue au refroidissement et leur qualité est améliorée par le même mode de réchauffage.

DESCRIPTION DES FEUX ET DU FOUR, REPRÉSENTÉS FIG. 1 A 4, PL. 32.

La fig. 1re est une élévation vue de face du four à réchauffer et une projection latérale des deux feux d'affinerie entre lesquels il est placé.

La fig. 2 est un plan général ou section horizontale brisée faite au-dessus de la sole des feux et de celle du four.

La fig. 3 est une coupe longitudinale faite par l'axe du four suivant la ligne 1–2.

Et la fig. 4, une autre section verticale faite transversalement suivant la ligne brisée 3–4–5.

Le four à réchauffer et ses deux feux d'affinerie forment ensemble, en section horizontale, un hexagone irrégulier, en briques, entouré extérieurement sur chaque face de plaques verticales en fonte A, qui sont assemblées et boulonnées entre elles solidement, avec les ouvertures nécessaires pour le service. Ainsi, les plus grandes *a*, ménagées dans les plaques de devant des feux d'affinerie, servent à l'affineur pour travailler la fonte et sortir les pièces de fer affiné. Les trous *b*, pratiqués au-dessus, permettent de détacher, sans arrêter le travail, les scories ou sarazins qui s'attachent aux voûtes. Les orifices inférieurs *c*, sont aussi ménagés au-dessous des premières ouvertures *a*, et fermés au besoin par des portes en fonte, pour l'échappement des laitiers.

Sur le devant sont des espèces de récipients B, qui reçoivent le charbon employé à l'affinage.

Les parois des creusets C, de chaque feu d'affinerie sont également garnies de plaques de fonte dites *plaques de travail*, dont les formes sont rectangulaires et assez épaisses pour résister à l'action du calorique. Au-dessous du fond de ces creusets, lequel est également en fonte d'une forte épaisseur, est un espace vide, que l'on tient froid par un filet d'eau arrivant d'un tube à robinet D (fig. 4), qui est à la disposition de l'affineur.

La machine soufflante qui doit alimenter les deux feux envoie l'air forcé

par des conduits souterrains et les tuyaux coudés *d* (fig. 1) dans les réservoirs ou cylindres de fonte E, d'où il est dirigé, lorsqu'on ouvre les valves ou papillons *e*, dans les culottes en cuir F, et de là dans les deux buses en tôle *f*, pour sortir par les tuyères en cuivre *g*, sur le foyer ou vers le milieu des creusets : ces dernières sont soutenues et enchâssées par les boîtes de fonte *h*, détaillées fig. 6. Les valves plus ou moins ouvertes permettent de modérer et de régler exactement l'action du vent, et au besoin d'en interrompre complétement la sortie. Dans ce dernier cas, on lui donne échappement par l'orifice supérieur *i* ménagé au centre de la base supérieure du cylindre, et que l'on ferme à l'aide d'un bouchon en cuivre ou en ferblanc, ajusté à baïonnette sur la petite tubulure. La forme et les dimensions des tuyères sont bien données par les détails fig. 5.

Sur la façade de chacun des deux feux sont suspendues aux supports en fer G les chaînes des crochets mobiles *j* (fig. 1), qui servent d'appui à une longue pelle en fer au moyen de laquelle on introduit dans l'intérieur, par les ouvertures *a*, les lingots de fonte, que l'on dépose sur les plaques de réchauffage *k* (fig. 2 et 4). Au-dessus des supports sont des équerres en fer *l* sur lesquelles l'ouvrier affineur dépose son marteau de travail, et qui lui servent de timbre ou de cloche afin de prévenir, dans l'usine, de la fin de chacune des opérations.

Le four à réchauffer H placé, comme nous l'avons dit, entre les deux feux d'affinerie, est construit dans le milieu même de la maçonnerie. Il affecte la forme rectangulaire, dans toute sa longueur, avec une sole horizontale sur laquelle sont rangés quelques barreaux en fonte I, qui soutiennent les massiaux de fer à réchauffer, afin que la circulation de la flamme qui arrive des feux d'affinerie par les conduits obliques L puisse avoir lieu aussi bien en dessous qu'en dessus. La voûte de ce four est en arc de cercle comme celle des feux d'affinerie ; son entrée se trouve sur la façade, est fermée par une large porte en fonte M, garnie à l'intérieur de briques réfractaires, et suspendue par son milieu à une bascule N, à l'aide de laquelle on peut la soulever à volonté ; elle repose, quand elle est fermée, sur l'espèce de table *m*, venue de fonte avec la plaque de devant A, et à son centre est ménagée une petite ouverture destinée à l'introduction des petites pièces et fermée par une porte mobile ou registre en fonte *n*.

La sortie des flammes a lieu par l'ouverture opposée *o*, qui est ménagée à l'autre extrémité du four ; après avoir parcouru toute la longueur de celui-ci, ces flammes se rendent directement à la cheminée d'appel, qui peut être construite d'une dimension assez grande pour servir à plusieurs appareils semblables.

Tout le système repose sur une fondation en pierres de taille, qui excède la section hexagonale d'environ 25 centimètres, et dont l'épaisseur est nécessairement limitée suivant la nature du sol où l'on se trouve. Dans le premier appareil monté par M Karr, sur un terrain d'une consistance médiocre, la hauteur des fondations est de 33 centimètres environ ; elle a

parfaitement suffi à supporter toute la charge du four et de ses deux feux d'affinerie, sans exiger depuis aucune réparation.

MODE DE FABRICATION.

Les fontes sont affinées comme d'habitude ; seulement la haute température qui existe à l'intérieur des feux d'affinerie, permet, pendant une opération, de chauffer au blanc la fonte destinée à l'opération suivante, ce qui diminue le temps nécessaire à l'affinage, et réduit la quantité du combustible dépensé de $0^{m.c.}500$ litres par 1000 kil. de fer produit.

Une fois les pièces cinglées, elles sont ressuyées dans les feux d'affinerie, même en faisant la pièce suivante, et elles sont étirées au marteau en barreaux de toutes dimensions, suivant les besoins de la fabrication. Bien que dans cette première opération le ressuage doive être bien fait et ne laisser aux barreaux ni pailles, ni criques, ces fers ne sont cependant qu'ébauchés sans être parés.

Pour les petits ronds, petits carrés ou petits plats, les barreaux sont étirés de forme octogone, variant pour le diamètre de 30 à 45 millimètres, qui sont ensuite débités à froid, à la cisaille, à différentes longueurs, suivant les poids que doivent avoir les barres à étirer.

Ainsi, pour les ronds de 10 millim., par exemple, les barreaux ressués et ébauchés à 35 millim. devront être coupés à une longueur de 0^m333; pour des carrés de 10 millim., les barreaux ébauchés seront coupés à 0^m400; pour des plats de 10/6, à 0^m250.

Pour les fers de grosses dimensions, soit ronds, carrés ou plats, les pièces sont ébauchées en barreaux de 50 à 80 millim. de diamètre et débités à chaud à la tranche, en les étirant au marteau aux longueurs nécessaires à la fabrication. Ainsi, pour des ronds de 40 millim. de diamètre ayant 4 mètres de longueur, les barreaux ébauchés à 80 millim. seront débités à chaud à 1 mètre. Avec ces mêmes barreaux débités à 1 mètre, on étirerait à 4 mètres de longueur des plats de 80/15 millim. de 65/20, ou des carrés de 35 millim.

Tous ces barreaux sont placés en tas dans le four de réchauffage, autant en travers que possible sur les barreaux fixes en briques réfractaires qui sont disposés dans la longueur du four. Le temps nécessaire au chauffage de ces fers varie de une heure à une heure et demie ; mais si les gros fers demandent une heure et demie, au lieu de 250 kil., qui est l'importance de la charge en petits barreaux, on pourra porter sans inconvénient chaque charge de barreaux de 60 à 80 millim. à 300 kil.

Avant l'introduction des fers préparés dans le four, ils doivent être examinés avec soin et être exempts de pailles ou de criques. Le four de M. Karr amène les fers à la chaleur très-blanche ; mais il ne soude pas, ce qui empêcherait ces défauts de disparaître ; mais aussi cela permet de placer les barreaux à se toucher et d'en placer une grande quantité dans

un petit espace. Il en résulte aussi que le déchet des fers chauffés ne dépasse pas 3 p. 100. Cette chaleur adoucissant d'ailleurs tellement le fer pour l'étirer, que depuis un an que ce procédé est appliqué, il n'y a pas eu un seul cylindre cassé.

Pour la bonne et utile application de ce mode de chauffage, il faut tenir compte des observations suivantes : Les affineries doivent être réglées à marcher ensemble, autant qu'il se peut ; les fers devront être placés dans le four, un peu après que les affineurs ont disposé leur fonte dans le creuset pour la pièce qu'ils vont affiner. Or, le temps nécessaire au chauffage et à l'étirage des fers chauffés est le même que celui nécessaire à l'affinage de chaque pièce, et c'est chose facile que de régler le travail des ouvriers à se suivre ainsi ; mais, en tous cas, on devra toujours retirer les fers chauffés, avant la sortie des pièces des affineries, parce qu'il résulte de cette vidange un refroidissement inévitable, qui ne permettrait plus de sortir les fers à étirer qu'un quart d'heure ou vingt minutes après la pièce suivante recommencée.

Les ouvriers ne devront pas jeter d'eau dans l'intérieur des affineries, ni pendant l'affinage, ni après chaque pièce terminée, comme ils en ont l'habitude, ce mouillage n'ayant d'ailleurs aucuns résultats utiles à l'opération et n'étant fait que pour diminuer la chaleur reflétée au dehors des affineries et qui incommode les ouvriers en travaillant ; mais l'auteur a pourvu à cela en mettant très-épaisse la paroi qui sépare l'ouvrier de l'affinerie et en faisant très-basse et très-étroite l'ouverture de travail.

En allumant les feux d'affinerie le dimanche soir, le four de réchauffage n'est à la température suffisante pour chauffer les fers que le lundi soir, et mieux même le mardi matin ; mais pour qu'il n'y ait pas de temps improductif pour l'exploitation, le four de chauffage peut servir à cuire de la chaux. Les pierres un peu concassées se placent sur toute la surface de la sole du four pour une épaisseur de 20 centimètres, et ces pierres sont parfaitement cuites pendant les trente heures qui sont nécessaires pour amener le four à la température convenable.

La dépense de cet appareil complet, composé de deux feux d'affinerie et d'un four de réchauffage, est variable suivant les prix des matériaux de construction, suivant que les plaques de fonte se font à l'usine ou au dehors ; mais elle est très-approximativement évaluée à 3,000 francs sans la cheminée. Il est toujours facile de mener ce conduit de flamme dans une cheminée existant déjà et alimentant même un autre four sans que cela nuise au tirage de celui-ci, si on a le soin de ne pas mettre la nouvelle introduction à la même hauteur que celle déjà faite, et en admettant, toutefois, que la section intérieure de cette cheminée ait au moins 8^{m}500 de côté.

Voici, d'après M. Karr, un compte de revient qui pourrait servir de base à toutes les usines dans les conditions indiquées précédemment :

Chacun des fours peut chauffer, comme nous l'avons dit, 4000 kil. de

fers de tous échantillons par chaque jour. Or, si on suppose une usine de moyenne importance, maintenant quatre feux d'affinerie en activité, deux de ces fours produiront 8000 kil. par jour *sans aucune dépense.*

Pour la même production de 8000 kil. dans un four à réverbère chauffé à la houille, le prix de revient serait le suivant :

En calculant sur 1000 kil.

Si on suppose le prix de la houille à 3 fr. 50 c. l'hectolitre et le prix des massiaux ou belettes ressués à réchauffer à 25 fr. les 100 kil., il viendra :

Pour 1000 kil. fers moyens réchauffés, on emploie 6 hectolitres houille par 1000 kil., à 3 fr. 50 c. l'un, soit.	21 fr.	» c.
Le déchet moyen de 10 p. 100, que l'auteur ne porte qu'à 7 p. 100 à cause de celui de 2 1/2 à 3 p. 100 fait dans les fours, portant sur du fer à 25 fr. les 100 kil., occasionne une dépense par 1000 kil. de.	17	50 c.
La main-d'œuvre par 1000 kil. est de.	2	»
Par conséquent, 1000 kil. coûteront.	40 fr.	50 c.

Soit donc pour 8000 kil. une dépense par jour de 324 francs.

Nous croyons devoir terminer le sujet qui précède par des détails intéressants sur l'affinage, et que nous extrayons de l'ouvrage important de MM. E. Flachat, A. Barrault et J. Petiet, sur la fabrication du fer et de la fonte.

AFFINAGE AU CHARBON DE BOIS.

ÉLÉMENTS DU TRAVAIL.

Éléments du travail. — L'affinage de la fonte consiste à séparer le fer ductile du carbone et des matières étrangères avec lesquelles il s'est combiné dans les hauts-fourneaux ; il s'exécute dans des creusets en fonte, nommés *feux d'affinerie,* sous l'influence d'un courant d'air forcé et d'une haute température, déterminée par la combustion du charbon de bois.

DE LA FONTE.

Nature des fontes. — Bien que toutes les fontes, quelle que soit leur provenance, puissent être traitées dans les feux d'affinerie, on n'y emploie généralement que des fontes au bois ; les fontes au coke sont affinées à la houille.

La composition chimique des fontes et leur état physique exercent une haute influence sur la durée de l'affinage et la nature de ses produits ; car cette opération, loin de corriger tous les défauts inhérents à la matière première, et de les empêcher d'influer sur la qualité du fer, ne répond généralement au but que l'on se propose qu'à la condition de s'exercer sur des fontes de bonne nature, prédisposées par leur mode de fabrication à subir l'action des agents auxquels elles doivent être soumises.

Les *fontes blanches* étant faciles à fondre, jouissant de la propriété de se mainte-

nir pendant longtemps à un état pâteux favorable à la décarburation, et ne retenant pas d'ailleurs le carbone avec une grande énergie, se laissent affiner avec facilité et sont promptes à *prendre nature*, c'est-à-dire à passer à l'état de fer ductile; mais comme, d'autre part, elles sont généralement *impures*, elles ne produisent que du fer médiocre et de qualité d'autant plus inférieure, que la rapidité même avec laquelle se fait l'opération ne leur laisse pas le temps de se dépouiller des matières étrangères qu'elles renferment. La fonte obtenue par surcharge de minerais, la plus commune parmi les fontes blanches que produisent les fourneaux au bois, est particulièrement disposée à se comporter de cette manière; aussi l'on est obligé, pour obtenir du fer de bonne qualité, de remédier à sa tendance à *louper* (se prendre en masse), en retardant l'opération par une disposition particulière du creuset. En général, il faut procéder ainsi avec toutes les fontes blanches impures, et l'on ne retire souvent aucun profit de leurs dispositions naturelles à se convertir en fer. Les fontes blanches pures, et on ne peut guère mettre dans cette classe que celles qui proviennent de bons minerais manganésifères, sont les seules avec lesquelles il soit possible de laisser marcher l'affinage avec la rapidité naturelle, les seules, par conséquent, qui permettent de tirer bon parti de la facilité avec laquelle elles se laissent décarburer.

Les fontes grises, en raison de la haute température qu'exige leur fusion, de la fluidité qu'elles acquièrent dès qu'elle a eu lieu, et de la fixité du carbone dans la combinaison, sont plus longues et plus difficiles à affiner que les fontes blanches; mais, comme ce sont les plus pures que l'on puisse obtenir avec la plupart des minerais, il y a généralement avantage à ne traiter dans les feux d'affinerie que des fontes de cette espèce. Celles qui proviennent de minerais fusibles doivent être préférées à celles qui résultent d'un mélange réfractaire de minerais et de fondants, parce que ces dernières contiennent beaucoup de silice; mais s'il est nécessaire de régler la marche du fourneau de cette manière, pour se débarrasser du soufre ou du phosphore, il ne faut pas hésiter à les employer de préférence aux fontes blanches qui pourraient produire les mêmes minerais, parce qu'en définitive la silice est de toutes les matières étrangères celle dont il est le plus facile de se débarrasser pendant le travail au creuset. Le soufre et surtout le phosphore abandonnent difficilement le fer; l'emploi de la chaux pendant l'opération facilite leur élimination, sans toutefois la rendre jamais complète.

Les fontes truitées sont celles que l'on traite le plus ordinairement dans les feux d'affinerie; leur fabrication est moins coûteuse que celle des fontes grises; et, si elles sont moins pures qu'elles, on pense que ce défaut est suffisamment racheté par leur plus grande facilité à se laisser affiner. Dans certains cas, et surtout lorsque les minerais sont passablement purs, il paraît assez convenable de procéder ainsi; mais il arrive trop fréquemment que l'on sacrifie la qualité du fer au désir de le produire à bas prix. C'est un écueil contre lequel il faut toujours se tenir en garde.

Les observations précédentes s'appliquent principalement aux *fontes à l'air froid;* celles que l'on obtient *à l'air chaud* ne se comportent pas de la même manière à l'affinage, parce qu'elles renferment moins de carbone combiné et plus de silicium que les premières; elles sont donc plus difficiles à fondre, plus lentes à prendre nature, et doivent être traitées en conséquence.

Les fontes à l'air chaud, obtenues avec des mélanges de charbon et de bois vert ou torréfié, rentrent dans la catégorie des fontes à l'air froid et au charbon, dont elles diffèrent très-peu par leur composition chimique.

PRÉPARATION DES FONTES. — Pour faciliter et accélérer le travail de l'affinage, on a employé différents modes de préparation des fontes qui se réduisent, les uns, à produire des fontes blanches artificielles, les autres, à commencer la décarburation et la purification du métal dans des foyers spéciaux. Ils sont compris sous les dénominations de *blanchiment*, de *mazéage* et de *grillage* de la fonte.

DU BLANCHIMENT. — Voici les différentes méthodes que l'on peut employer :

1° On peut blanchir la fonte dans le creuset même des hauts-fourneaux en y introduisant une certaine quantité de *minerai crû*, qui donne par lui-même de la fonte blanche, et dont les laitiers, riches en oxyde de fer, décarburent la majeure partie de celle qui était déjà formée. Ce procédé s'applique peu à la fonte de forge, et exige de bons minerais.

2° En soumettant la fonte réunie dans le creuset à l'action d'un fort courant d'air, elle blanchit en se décarburant, perd en même temps une partie de la silice qu'elle contient, et subit véritablement un commencement d'affinage, que l'on termine au feu d'affinerie. Cette méthode ne s'emploie qu'avec des minerais purs, parce que le métal prend trop vite nature au feu d'affinerie pour qu'on puisse l'y purifier convenablement lorsqu'il est chargé de matières étrangères.

3° Le blanchiment, par un refroidissement subit du métal au sortir du fourneau, ne s'applique qu'à des fontes grises provenant de minerais fusibles, parce qu'il échouerait en partie sur des fontes produites à une température très-élevée ; il n'enlève à la fonte ni carbone ni aucune autre matière, et convient, par conséquent, à des fontes pures, dont il ne hâte pas d'ailleurs beaucoup l'affinage. L'opération se fait de plusieurs manières, soit en coulant la fonte en plaques minces dans des lingotières, soit en la faisant arriver dans un trou conique creusé près du fourneau, où on l'arrose d'eau, et dont on la retire en plaquettes de 10 à 20 kilog., que l'on nomme *blettes*. Les blettes ne se forment qu'avec la fonte grise, et sont ordinairement livrées au grillage pour être partiellement décarburées.

DU MAZÉAGE. — Le mazéage de la fonte peut s'opérer de plusieurs manières. Nous distinguons les suivantes :

1° Le mazéage de Styrie s'applique à des fontes grises moins pures que celles que l'on convertit en blettes au sortir du fourneau. Le métal est mis en fusion dans un creuset semblable aux foyers d'affinerie, alimenté avec du charbon de bois, et assez fortement soufflé par une tuyère très-inclinée. Il s'y dépouille d'une partie des matières étrangères qu'il contient, et, à sa sortie, il est converti en blettes, que l'on décarbure par le grillage.

2° Le mazéage de Souabe s'applique à toute espèce de fonte grise ou blanche : il consiste à refondre la fonte comme dans le cas précédent, mais en y ajoutant des scories pour lui faire éprouver un commencement d'affinage. Le métal est retiré du foyer en morceaux, dont on achève la conversion en fer dans un feu spécial.

3° Le mazéage du Nivernais, le seul qui soit pratiqué en France, tient à la fois du mazéage de Styrie et de celui de Souabe ; la fonte est refondue avec addition de scories, et coulée sur du sable humecté, en plaques de 0m03 à 0m04 d'épaisseur, que l'on divise en morceaux appelés *mazelles*. L'opération dure deux heures et demie à trois heures pour un produit de 250 kil. La consommation du charbon est d'environ 700 kil. par tonne de fonte mazée provenant de 1,130 kil. de fonte brute.

4° On blanchit quelquefois la fonte grise, provenant de minerais purs et fusibles, dans un four à réverbère à sole plate, avec addition de scories pendant la fusion ; le métal perd un peu de carbone et une très-faible partie de silice. Ce procédé est dé-

fectueux comme moyen épuratif; mais il est avantageux sous le rapport des déchets et de la consommation de combustible.

Du grillage. — Le grillage s'applique aux blettes de première ou de seconde fusion, et a pour résultat une décarburation partielle de la fonte ; l'opération se fait dans des fours de très-grandes dimensions (4^{m2} 00 de base sur 1^m 50 à 2^m 00 de hauteur), dans lesquels les blettes sont empilées avec du *fraisil*, dont le lit inférieur repose sur des canaux construits en gros charbon, et aboutissant à des soupiraux par lesquels on introduit le feu dans le foyer. En Carynthie, en Styrie, etc., le grillage s'opère simplement sur des aires préparées à cet effet; mais la consommation du combustible est beaucoup plus considérable.

DE LA CHAUX, DE LA SILICE ET DES SCORIES.

De la chaux et de la silice. — On n'emploie pas, dans l'affinage, de fondants proprement dits; ce n'est que par exception et pour purifier de mauvaises fontes que l'on ajoute quelquefois de la chaux à la masse après que le métal est entré en fusion ; toutefois, il est probable que c'est à tort que l'on n'en fait pas un plus fréquent usage ; elle peut, dans beaucoup de cas, être très-utile à l'élimination du soufre, et il n'en résulte jamais d'inconvénients lorsque la proportion ne dépasse pas 1/7e ou 1/8e du poids de la fonte.

Il n'en est pas de même de la silice ou des terres silicieuses (*herbue*) que les raffineurs projettent dans le creuset pour empêcher la fonte de louper; ce procédé, malheureusement mis trop souvent en usage, augmente les déchets et altère la qualité du fer.

Des scories. — L'affinage de la fonte donne lieu à la formation de scories qui sont toutes essentiellement composées de silice et de protoxyde de fer; elles renferment de la chaux, de la magnésie, de l'alumine, du manganèse et du phosphore en doses très-variables.

Les scories pauvres sont des silicates qui contiennent souvent jusqu'à 60 p. 100 de protoxyde, ou environ 45 p. 100 de fer métallique ; elles se produisent dans le commencement de l'affinage, ne réagissent pas sur le carbone de la fonte, et nuisent même fréquemment à l'opération quand on les laisse s'accumuler dans le creuset. Elles sont plus légères que le fer, très-liquides, et coulent avec vivacité en présentant une couleur rouge foncé; elles se refroidissent rapidement et prennent la forme d'une masse coulée de couleur grise ou noire. On les emploie dans les hauts-fourneaux.

Les scories riches sont des sous-silicates qui renferment 80 à 90 p. 100 de protoxyde ; elles se forment dès que la fonte commence à se convertir en fer ductile et se réunissent au fond du creuset; elles coulent moins vite que les scories pauvres, se figent plus lentement, et possèdent, après le refroidissement, un éclat métallique moins prononcé ; elles prennent toutes sortes de formes et affectent une couleur gris de fer.

Les scories riches, que l'on fait écouler par de basses percées, sont remises au feu pour produire la décarburation de la fonte sur laquelle elles agissent avec une grande énergie ; leur oxygène se combine avec le carbone, et la partie de fer mise à nu s'ajoute à la masse. L'affineur en emploie d'autant plus qu'il veut pousser l'opération avec plus de rapidité. Les sornes sont des *sornes* riches durcies en restant dans le feu; on les emploie comme les premières.

Les *battitures* ou paillettes, qui se détachent du fer pendant le forgeage, sont également employées comme décarburants pendant la formation de la loupe.

De l'eau. — L'eau que les ouvriers emploient avec tant de prodigalité pendant l'affinage, soit par habitude, soit pour être un peu moins incommodés par la chaleur, a pour effet de créer, à la surface du bain, un oxyde qui ne tarde pas à réagir sur le carbone, et peut-être même sa décomposotion instantanée n'est-elle pas étrangère à la purification du métal en raison de l'affinité de l'hydrogène pour le soufre, le phosphore et l'arsenic.... Il est peu probable que l'eau puisse, ainsi qu'on l'a avancé, diminuer l'activité de la combustion à la surface du creuset; l'arrosage des charbons incandescents doit plutôt avoir pour résultat de les faire éclater et brûler sous l'influence de la vapeur et de l'hydrogène qui se dégagent.

DU SOUFFLAGE.

Le *vent forcé*, que l'on introduit dans les feux d'affinerie, a pour principal effet d'alimenter la combustion; il sert en même temps à brûler le carbone de la fonte et à oxyder les métaux avec lesquels il se trouve en contact; l'art de l'affineur consiste, en grande partie, à diminuer autant que possible cet effet à l'égard du fer.

Le volume et la pression de l'air injecté varient suivant la nature de la fonte, la disposition du feu, la quantité et l'espèce de charbon employé, enfin, suivant les différentes périodes d'une même opération; toutes choses égales d'ailleurs, on en donne d'autant plus que la fonte est plus difficile à décarburer, et que l'on veut pousser l'opération avec plus de rapidité. En moyenne, on brûle 50 à 60 kilog. de charbon par heure, et on lance environ 3,00 à 4,00 mètres cubes d'air (à zéro et à la pression atmosphérique) par minute, ce qui suffit à peine pour convertir tout le carbone en oxyde de carbone; pendant la période de l'affinage, qui exige le plus d'air, le volume lancé s'élève à $4^{m^3}50$ ou $5^{m^3}00$. La pression, dans les usines bien conduites, atteint ordinairement 0^m035 à 0^m04 de mercure; elle est beaucoup plus faible dans celle où l'on conserve encore les anciens soufflets.

Les souffleries à piston en bois exigent que le moteur transmette un effet utile d'environ deux chevaux par feu; une bonne soufflerie en fonte consomme une force moitié moindre, soit un cheval par feu.

DES FEUX D'AFFINERIE.

Disposition du creuset. — La construction des creusets d'affinerie est indépendante de la disposition générale de l'appareil, et reste la même, soit qu'on les établisse comme autrefois sous une vaste cheminée, servant à l'évacuation de la fumée, ou qu'ils soient, comme aujourd'hui, recouverts d'une voûte, et accompagnés de fours où l'on utilise de diverses manières l'excès de chaleur qu'ils développent.

Un creuset est ordinairement construit avec cinq plaques de fonte, maintenues par des fiches piquées dans le sol, consolidées par des coins de serrage, et comprenant un espace à peu près rectangulaire de 0^m60 à 0^m80 de longueur sur 0^m50 à 0^m70 de largeur et 0^m18 à 0^m25 de profondeur. Les deux plaques latérales, dont l'une supporte la tuyère, portent les noms de *varme* et de *contrevent;* celle de derrière et de devant, enchâssées verticalement entre les deux premières, s'appellent, l'une la *rustine* (ou haire), l'autre le *chio;* cette dernière, munie de trous circulaires placés à différentes hauteurs pour servir à l'écoulement des scories pendant le travail, repose sur la pièce inférieure appelée *sole*, et porte à sa partie supérieure une plaque horizontale indépendante du creuset, et appelée *plaque de travail.*

La sole, ordinairement inclinée vers le contrevent et le chio, repose sur un cadre en fonte disposé de manière à laisser sous sa face inférieure un vide qui la préserve de l'humidité du sol, et qui sert aussi à la refroidir en y faisant arriver un peu d'eau lorsqu'elle est trop échauffée.

La varme s'appuie contre un mur, dans lequel est pratiquée une ouverture appelée *chapelle*, où se fixent les tuyères; elle est située verticalement ou légèrement inclinée vers l'intérieur, afin de rapprocher la tuyère de la sole. On emploie souvent deux tuyères au lieu d'une pour mieux distribuer le vent dans le creuset et hâter la fusion du métal; cette disposition convient surtout aux creusets de grande dimension.

Les tuyères sont en cuivre rouge et munies d'un orifice demi-circulaire; leur saillie dans l'intérieur du feu, leur inclinaison et leur hauteur au-dessus du fond, exercent une grande influence sur le succès de l'affinage, et varient avec la nature des fontes que l'on traite.

Montage des creusets. — L'affinage de la fonte, quelle que soit sa qualité, ayant toujours un même but, celui d'obtenir de bon fer dans un temps aussi court que possible, il s'ensuit que l'on peut procéder avec d'autant plus de rapidité que la fonte est plus pure, et que l'on doit, au contraire, y consacrer d'autant plus de temps qu'elle est plus chargée de matières étrangères. Toute la question du montage des creusets (c'est-à-dire l'arrangement des différentes pièces qui le constituent) se réduit donc à les disposer de manière à hâter ou à retarder l'opération, suivant que la fonte est pure ou impure, en ayant toutefois l'attention de tenir compte de la prédisposition qu'elle peut avoir à fondre et à se décarburer rapidement ou lentement, suivant qu'elle est blanche ou grise.

Examinons l'influence que la disposition de chaque partie du creuset exerce sur la durée de l'affinage.

1° La profondeur, qui se mesure par la distance de l'axe de la tuyère à la plaque de fond, est le point le plus essentiel à bien déterminer dans la construction d'un feu. Une grande profondeur a pour effet de favoriser la décarburation, parce qu'elle rend plus considérable le trajet que font les gouttes de fonte en se rendant de la gueuse au fond du creuset, et que c'est principalement dans ce passage que l'oxygène de l'air agit énergiquement sur le carbone du métal; elle hâte en même temps la coagulation de la matière fondue en diminuant la chaleur à laquelle elle est exposée.

2° L'inclinaison de la tuyère, qui donne le plus de chaleur dans la partie supérieure du creuset où se trouve le métal à affiner, est celle qui en accélère le plus la fusion; une inclinaison plus faible ou plus forte atténue cet effet, soit en diminuant la température générale du creuset, soit en l'augmentant dans les parties inférieures, et en contribuant ainsi à une plus parfaite épuration de la matière par une coagulation plus lente. L'inclinaison qui produit le maximum de température dans la région occupée par la gueuse est d'environ 7 à 8 degrés.

3° Une déviation de la tuyère vers la rustine ou vers le chio accélère ou retarde la fusion; il en est de même de la plus ou moins grande saillie sur la varme.

4° L'inclinaison de la varme vers l'intérieur agit dans le même sens que l'avancement de la tuyère et tend à concentrer la chaleur; celle du contrevent vers la varme retarde la coagulation du métal par un effet analogue, et celle du fond vers le contrevent conduit au même résultat en augmentant la profondeur du creuset en cet endroit.

TRAVAIL DE L'AFFINAGE.

Le travail de l'affinage, aussi bien que le montage des creusets, varie suivant le genre de fontes que l'on a à traiter, et il en est résulté différentes méthodes que l'on désigne ordinairement par le nom du pays où elles ont pris naissance. La méthode allemande ou comtoise les comprend presque toutes, et se caractérise entre elles par la généralité de ses applications : nous allons nous en occuper.

Toutes les opérations de l'affinage se divisent en deux parties : la première comprend la fusion de la fonte, la deuxième le travail de la pièce.

Fusion de la fonte. — Dès que le travail de l'opération précédente est terminé, l'affineur s'occupe de nettoyer le creuset et de détacher les morceaux de scories qui ont pu s'attacher sur le fond ou sur les plaques latérales. Il fait avancer la gueuse, et, suivant son degré de fusibilité, il la rapproche ou l'éloigne de l'action du vent, il remplit le fond du creuset avec du menu charbon, ajoute des sornes et des scories, porte du gros charbon dans la gueuse et donne le vent; les scories entrent les premières en fusion et forment le lit sur lequel la matière va se déposer; la fonte fond ensuite, et, suivant qu'elle est grise ou blanche, elles tombent en gouttes qui se décarburent en traversant la région du vent, ou en écailles qui ne fondent complétement qu'après avoir atteint le fond du creuset.

Pendant ce temps, l'affineur s'occupe du règlement du vent, de l'entretien du feu et de l'avancement de la gueuse au fur et à mesure qu'elle entre en fusion, il donne souvent issue aux scories pauvres qui se forment, et les fait écouler par de hautes percées dans le chio, afin que le métal ne reste jamais entièrement découvert.

Il s'attache surtout à ce que la masse reste à l'état de fusion pâteuse, qui est favorable à son travail, la sonde fréquemment avec son ringard, et, suivant qu'elle est trop dure ou trop liquide, il augmente l'énergie du vent, ou ajoute des scories riches qui concourent à sa coagulation.

Travail de la pièce. — Après avoir fondu et préparé de cette manière la quantité de métal que les dimensions du creuset permettent de traiter, c'est-à-dire 60 ou 80 kil., on recule la gueuse, et l'on procède au désornage, opération qui consiste à détacher les scories endurcies pour les placer sur la surface du bain, puis on commence le travail.

Le travail comprend deux périodes : pendant la première, on complète la décarburation et la purification du métal en soulevant la matière pour l'exposer sous toutes ses faces à l'action du courant d'air; pendant la seconde, on réunit toutes les parties affinées pour les faire fondre en une seule masse. C'est ce que l'on appelle *avaler la loupe*.

Lorsque la matière a reçu, pendant la fusion, la préparation la plus favorable, la masse détachée du fond et soulevée par l'action du ringard, se divise en trois ou quatre parties, que l'on dispose sur la face supérieure du feu, de manière que celles qui se trouvaient le plus rapprochées du contrevent soient placées près de la tuyère, et réciproquement. L'ouvrier donne le vent dont il peut disposer, et bientôt la matière, rentrée de nouveau en fusion, regagne le fond du creuset; il la sonde alors à différentes reprises avec son ringard, et y fait adhérer chaque fois une certaine portion de métal, qu'il détache d'un coup de marteau après l'avoir refroidi dans l'eau; il remet ces sifflets sur le feu, près de la tuyère ou près du contrevent, suivant que leur affinage est plus ou moins avancé, ce dont il juge facilement par leur degré d'adhérence au ringard, et il finit ainsi par porter toute la matière au degré d'épuration qu'il veut obtenir.

Lorsque la fonte est difficile à affiner, ou que l'ouvrier est peu exercé, il faut quelquefois procéder à un deuxième et même à un troisième soulèvement ; mais ce cas se présente rarement, et l'emploi des scories en quantité convenable suffit presque toujours pour que la fonte soit affinée en un seul soulèvement.

L'avalage de la pièce suit immédiatement la période du soulèvement et constitue la deuxième partie de l'affinage ; l'ouvrier, après avoir diminué le volume du vent, soulève tout le gâteau au-dessus de la tuyère, écarte les scories et le fraisil, ramasse et réunit à la masse toutes les parties ferreuses qu'il rencontre, et donne un coup de feu qui détermine la fusion de toute la matière et le départ des scories qui ont pu s'y attacher. Le fer se réunit au fond du creuset dans le lit qui lui a été préparé, et forme une loupe sur laquelle on jette ordinairement une pelletée de battitures pour lui faire prendre de la consistance ; quelques minutes après, on la fait sortir du feu pour la *cingler* au marteau ou au moyen de tout autre appareil ; l'opération est terminée.

Affinage par attachement. — Dans certaines usines, on ne sort pas tout le fer en une seule fois, comme nous venons de le dire ; on procède à l'avalage avant que l'affinage soit bien complet, et on profite du moment où la matière entre pour la dernière fois en fusion pour faire sortir du foyer les parties de métal qui sont complétement affinées, tandis que l'opération se continue comme précédemment à l'égard du reste de la pièce. A cet effet, l'affineur promène son ringard au-dessus de la masse en le maintenant à peu près dans un plan horizontal passant par la tuyère, et en le faisant tourner sur lui-même il y attache les parties ferreuses qu'il reconnaît à leur couleur pour être bien épurées ; il retire l'outil, le plonge dans l'eau pour faire tomber les scories, le refroidit partiellement, et recommence la même manœuvre jusqu'à ce qu'il ait formé un petit *lopin* de 8 à 10 kil., que l'on porte de suite au marteau pour l'étirer. Ce travail, connu sous le nom d'*affinage par attachement*, peut durer jusqu'à ce que toute la masse soit descendue au fond du creuset : il est avantageux comme économie de temps et de charbon, et le fer qui en résulte est toujours d'une qualité supérieure, sans d'ailleurs que les parties restantes dans le creuset, pour former la loupe, se trouvent détériorées.

L'affinage par attachement ne forme pas un des caractères spéciaux de la méthode comtoise, et peut, au contraire, s'appliquer dans toutes les méthodes usitées ; c'est ce qui nous a engagés à le présenter en même temps que celle de ces méthodes qui est la plus générale.

AFFINAGE DES FONTES GRISES.

Montage des feux. — Les fontes grises, quoique renfermant plus de silicium que les blanches, donnent généralement un fer meilleur ; mais elles sont difficiles à fondre et lentes à affiner, surtout quand elles ont été obtenues à l'air chaud. Fabriquées à l'air chaud et au bois crû, elles se comportent comme les fontes à l'air froid.

Conduite du travail. — Dans ces feux où la fusion doit avoir lieu goutte à goutte, on laisse, à cet effet, environ 0^m04 de distance entre la gueuse et le contrevent, et l'on porte son extrémité à 0^m06 en avant des tuyères ; sa face intérieure est située à 0^m10 ou 0^m12 au-dessus de la nappe de vent. La fusion s'opère en même temps que le réchauffage du fer de l'opération précédente.

La pression du vent.....................	$= 0^m\ 035$ de mercure.
Le volume moyen d'air lancé par minute....	$= 3^{m3}09$
Le volume maximum...... id.............	$= 4^{m3}75$

La durée de chaque période de l'opération et les volumes d'air lancés pendant ce temps sont indiqués dans le tableau suivant :

INDICATION DE L'ÉPOQUE DE L'OPÉRATION.		VOLUME D'AIR lancé par minute; le volume maximum étant représenté par 100.	DURÉE de chaque période.	
			minutes.	
Fusion de la fonte, chauffage de la pièce de l'opération précédente convertie en deux massiaux, puis en maquettes et en barres............	En commençant l'opération..................	40	10	85′
	Chauffage et mise en maquettes de deux massiaux..................................	45	25	
	Forgeage de la tête de maquette du premier massiau..................................	50	15	
	Même opération pour le second massiau.......	60	15	
	Chauffage des bouts de barre...............	75	20	
Soulèvement.......	Désornage................................	75	5	30′
	Soulèvement ou travail....................	100	25	
Avalage...........	Avalage proprement dit....................	75	10	20′
	Formation de la loupe.....................	60	7	
	Quand on jette des battitures sur la pièce......	40	3	
	Moyenne........	65	Total. 135′	

Les résultats du travail sont les suivants :

Durée d'une opération. . . . . 135 minutes.
Fonte mise en fusion pour une opération. . . . . 88 kil.
Produit en fer forgé. . . . id. . . . . 65 kil.
—— id. . . . . par vingt-quatre heures. . 680 kil.
Produit moyen par mois. . . . . 17000 kil.
Charbon consommé par opération. . . . . 0^{m3} 455
Idem idem pour 1000 kil. de fer. . . 7^{m3} 000
Fonte consommée id. id. . . . . . 1350 kil.

Pour affiner, par la même méthode, des fontes noires très-graphiteuses, on modifie un peu le montage du feu et le travail :

1° On donne à la tuyère l'inclinaison qui produit la plus haute température dans la région où se trouve la gueuse, soit à 7 et à 8 degrés.

2° On porte la saillie de la tuyère à 0^m10, et on fait pencher la varme un peu plus qu'à l'ordinaire ;

3° On rapproche la tuyère de derrière de 0^m03 à 0^m04 vers la rustine ;

4° La profondeur du feu est portée de 0^m20 à 0^m23 ;

5° On place la gueuse plus près de la tuyère ; on donne plus de vent pendant le travail ; on emploie plus de scories et on rapproche davantage les matières de l'action du vent.

Quand on a, par exception, à traiter des fontes truitées ou blanches :

1° On donne au vent une inclinaison moindre ou plus grande que celle de 7 à 8 degrés, qui favorise le plus la fusion de la fonte ; elle est moindre (3 ou 4 degrés), si la fonte est très-fusible et très-pure ; plus forte (10 à 11 degrés), si elle est impure et qu'il y ait avantage à retarder sa coagulation en portant toute la chaleur au fond du creuset ;

2° La saillie des tuyères est réduite à 0^m06 et la varme est verticale ;

3° La tuyère de devant est rapprochée de 0m06 vers le chio;

4° La profondeur du feu est réduite à 0m17, et l'on diminue l'inclinaison du fond vers le contrevent;

5° On éloigne la gueuse de la tuyère, et on la fait avancer beaucoup plus au delà de son museau; on donne moins de vent, moins de scories, et lors du soulèvement on expose moins longtemps la matière à l'action du courant d'air.

AFFINAGE DE LA FONTE TRUITÉE.

MONTAGE DES FEUX. — La méthode comtoise, appliquée à l'affinage des fontes truitées, a pris en France le nom de *méthode champenoise*. Les feux sont soufflés à une seule tuyère.

CONDUITE DU TRAVAIL. — Le travail de l'affinage se distingue par les caractères suivants :

1° L'extrémité de la gueuse est avancée à 0m06 du chio, parce qu'elle fond par écailles et non pas goutte à goutte, ce qui rendrait la décarburation trop rapide;

2° Pendant la fusion, on détache souvent par un coup de ringard l'extrémité amincie de la gueuse pour la faire tomber au fond du creuset avant d'être décarburée;

3° L'opération du soulèvement se fait très-vite; on n'ajoute pas de scories, et l'on n'emploie que 3 ou 4 kil. de scories riches, au lieu de 8 à 10, comme dans l'affinage comtois;

4° Au lieu de diviser la pièce en deux massiaux, que l'on réchauffe et que l'on forge dans le cours de l'opération suivante, on n'en fait qu'une seule pièce (appelée *renard*), que l'on réchauffe et que l'on étire pendant la fusion des deux opérations suivantes :

La pression du vent...................... = 0m 03 au mercure.
Le volume moyen d'air lancé par minute..... = 3m3 13
Le volume maximum.......... id......... = 4m3 18

La durée de chaque période de l'opération et les volumes d'air lancés sont indiqués dans le tableau suivant :

INDICATION DE L'ÉPOQUE DE L'OPÉRATION.	VOLUME D'AIR lancé; le volume maximum étant représenté par 100.	DURÉE de chaque période.	
		minutes.	
Au commencement de l'opération..........	50	3	60'
Chauffage du fer de l'avant-dernière opération..........	66	22	
Chauffage du fer de la dernière opération..........	75	20	
Chauffage des bouts de barre..........	80	15	
Désornage..........	80	5	15'
Soulèvement..........	100	10	
Avalage..........	60	8	15'
Formation de la loupe..........	66	4	
Quand on jette les battitures sur la loupe..........	50	3	
Moyenne........	75	Total.. 90'	

Les résultats du travail sont les suivants :

Durée de l'opération complète.	91 minutes.
Fonte mise en fusion pendant une opération.	66 kil.
Produit en fer forgé pendant une opération.	48 kil.
Produit en vingt-quatre heures.	760 kil.
Produit moyen par mois.	19000 kil.
Charbon brûlé par opération.	$0^{m3}376$
Charbon brûlé pour 1000 kil. de fer.	$6^{m3}850$
Fonte consommée pour 1000 kil. de fer.	1380 kil.

Pour traiter par cette méthode des fontes grises, on adopte les modifications suivantes :

1° On incline le vent à 6 ou 7 degrés;

2° La profondeur du feu augmente de $0^{m}02$ à $0^{m}03$;

3° Le fond est plus incliné vers le contrevent;

4° On augmente la saillie de la tuyère et on la rapproche de la rustine;

5° On emploie plus de vent et plus de scories.

Pour les fontes tout à fait blanches :

1° Le vent est presque horizontal;

2° Le feu moins profond de $0^{m}02$ environ;

3° La tuyère a moins de saillie;

4° On donne moins de vent et l'on n'emploie presque pas de scories.

AFFINAGE DES FONTES BLANCHES.

Montage des feux. — Ces fontes se traitent principalement par la méthode wallonne, dite *bourguignonne;* les feux bourguignons sont moins longs que les feux comtois; la tuyère est moins plongeante et plus rapprochée du chio que la rustine; le fond incline plus vers le chio que vers le contrevent, et la varme penche moins que dans les feux champenois. Ils sont soufflés à une ou deux tuyères.

Conduite du travail. — L'affinage bourguignon diffère de l'affinage comtois en ce qu'il ne comprend que deux opérations, la fusion et l'avalage, et en ce qu'il opère sur de très-petites pièces. Le soulèvement étant supprimé, il faut que la fonte se décarbure en grande partie pendant la fusion; et, à cet effet, on place la gueuse à $0^{m}08$ ou $0^{m}10$ au-dessus de la nappe de vent, sans la rapprocher autant du chio que dans l'affinage champenois; elle fond alors par gouttes et non plus par écailles, et se décarbone assez bien pour que l'on ne soit pas obligé d'employer beaucoup de scories. On n'en met, au commencement de l'opération, que pour former le bain où doit reposer la pièce, et on n'en ajoute que lorsque l'avalage est terminé. Il ne se forme que très peu de sornes.

Cette méthode ne diffère de la méthode wallonne pure, dont parlent tous les ouvrages de métallurgie comme s'appliquant spécialement au traitement des bonnes fontes blanches, qu'en ce que le réchauffage du fer s'opère dans le feu lui-même, au lieu d'avoir lieu dans des chaufferies spéciales au charbon de bois. On réchauffe, dans les feux bourguignons, du fer provenant des trois opérations précédentes, le massiau donné par la loupe de la dernière opération, la tête de maquette du massiau de l'avant-dernière pièce et un bout de barre provenant de la maquette du massiau précédent.

La pression du vent.................... = 0^{m} 027 de mercure.
Le volume moyen par minute............ = 3^{m3} 16
Le volume maximum par minute.......... = 3^{m3} 95

La durée de chaque période de l'opération et les volumes d'air lancés sont indiqués ci-dessous :

INDICATION DE L'ÉPOQUE DE L'OPÉRATION.		VOLUME D'AIR lancé ; le volume maximum étant représenté par 100.	DURÉE de chaque période.	
			minutes.	
Fusion de la gueuse et chauffage du fer.	Au commencement de l'opération............	66	5	32'
	Chauffage du fer de l'avant-dernière opération.	66	7	
	Chauffage du fer de la dernière opération......	80	12	
	Chauffage des bouts de barre................	100	8	
Avalage...........	Avalage et formation de la loupe.............	100	5	8'
	Quand on jette les battitures sur la loupe......	66	3	
	Moyenne........	80	Total.. 40'	

Résultats du travail :

Durée de l'opération complète.	40 minutes.
Fonte mise en fusion pendant une opération.	32 kil.
Produit en fer forgé pendant une opération.	23 kil.
Produit en vingt-quatre heures.	840 kil.
Produit moyen par mois.	21000 kil.
Charbon brûlé par opération.	0^{m3} 152
Charbon brûlé pour 1000 kil. de fer, ...	6^{m3} 34
Fonte consommée pour 1000 kil. de fer.	1400 kil.

Bien que cette méthode s'applique spécialement aux fontes blanches, on peut cependant traiter de la même manière des fontes grises ou noires, en apportant quelques modifications au montage du feu et à la conduite du travail :

1° L'inclinaison du vent, sans dépasser la limite de 5 à 6 degrés, qui donne le maximum de température, est d'autant plus augmentée que les fontes sont plus difficiles à fondre, et l'on accroît, suivant la même règle, la profondeur du feu jusqu'à 0^{m}20 ;

2° Le fond s'incline davantage vers le contrevent et la tuyère est reportée vers la rustine ;

3° La pression et le volume du vent sont augmentés et l'on emploie plus de scories.

NOTICE SUR LE CHAPTAL,

NAVIRE A HÉLICE,

Construit par **M. CAVÉ**, à Paris.

Par **M. JULES GAUDRY**, ingénieur civil.

La corvette à vapeur le *Chaptal* a été construite à Asnières en 1845, par M. Cavé. Plusieurs dispositions neuves s'y rencontraient, et il était prudent, pour les juger, d'attendre l'expérience. Aujourd'hui le navire a fait plusieurs campagnes et subi de rudes épreuves; sa valeur est désormais jugée; le moment est donc venu de faire connaître, à l'honneur de notre marine et du mécanicien, soit les résultats obtenus, soit les dispositions de la coque et de la machine qu'on a depuis reproduites avec succès, particulièrement en Angleterre.

Il est à peine besoin de dire que M. Cavé, donnant pour moteur au *Chaptal* une machine d'un tout nouveau système, n'a pas échappé à la nécessité d'y apporter ultérieurement quelques modifications de détails. Toutefois, dès 1848, les essais faits en présence de la commission donnèrent, sous une pression moyenne de 0,7 d'atmosphère, une vitesse de 10 nœuds passés.

Après avoir constaté ce résultat, le rapport de la commission ajoute ce qui suit : « En ce qui concerne la confection de l'appareil moteur, l'ajustage de toutes les pièces, le montage de la machine, etc., la commission n'a que des éloges à donner au constructeur, qui lui paraît avoir loyalement rempli ses engagements. Elle a été aussi extrêmement satisfaite de l'examen qu'elle a fait de la coque dont la construction, dans tous ses détails, lui a paru solidement et consciencieusement exécutée. »

Dans le cours de cette même année 1848, le *Chaptal* est parti pour les Antilles. Rentré à Cherbourg, on fit quelques changements dans les machines, et l'on s'occupa de nettoyer la coque, qui offrit une particularité remarquable : l'un des côtés, peint au minium, était couvert de coquilles; l'autre, peint depuis un an en vert dit dans le commerce *Schweinfurth*, était parfaitement sain. Le premier côté fut alors peint de même. Mais bientôt, soit par une de ces anomalies que l'on constate sans pouvoir les expliquer, soit à cause de la couleur, différente de la première dans sa composition, les deux côtés se recouvrirent également de coquilles, et l'on est revenu au minium qui ne s'écaille pas et protége mieux le métal.

Le navire fut ensuite envoyé en Orient, où il fit un très-actif service,

notamment des remorquages par de mauvais temps. Laissons parler le rapport officiel adressé au ministre de la marine par le capitaine Labrousse, son éminent commandant : « Le *Chaptal*, dit-il, s'est bien comporté dans les diverses circonstances de sa navigation, soit à la voile, soit à la vapeur... Il gouverne parfaitement bien... Il obéit très-vivement à la barre... Il porte très-bien la voile.

« Les mouvements de tangage sont aussi doux qu'on puisse le désirer lorsque les circonstances permettent de modérer la machine. Lorsque, au contraire, le bâtiment marche à l'encontre de la lame avec une grande vitesse, les mouvements alors sont durs (1)..... Les mouvements de roulis n'ont rien d'exagéré, même dans les circonstances les plus défavorables; le navire n'a jamais fatigué sous ce rapport. »

Répondant ensuite à cette question : Le *Chaptal* marche-t-il bien à la voile? le rapport ajoute : « Lorsque la carène est propre, avec les quatre voiles majeures le navire atteint 10 nœuds à l'heure... et par une bonne brise, 11 nœuds 9; avec voile, machine et bonne brise, 13 nœuds 7... Le navire a été construit avec un grand soin; il est encore en parfait état. Les cloisons étanches, solidement établies, sont réellement et absolument étanches. La machine vient, du reste, d'être soumise à une rude épreuve en remorquant, par de très-mauvais temps, la frégate la *Pandore*, du Pirée à Constantinople et à Smyrne, et rien n'a bougé dans l'appareil. »

Une autre fois le *Chaptal* a remorqué la frégate la *Pandore*, le brick russe *Jason* et le brick français *Fabert*, à la vitesse de 6 nœuds et demi par heure en temps calme, la mer étant cependant un peu houleuse. Remorquant la *Pandore* seule, on a obtenu, avec un chauffage ordinaire, un sillage moyen de 7 nœuds passé. Pendant une lutte de vitesse avec un paquebot autrichien, le sillage s'est élevé à 8 nœuds passés.

On avait conçu des inquiétudes sur les chaudières dont le tirage est peu actif, mais, dit le rapport, « les améliorations sont peu urgentes, puisque la production de la vapeur est assez grande pour assurer au *Chaptal* une marche supérieure à celle de la plupart des bâtiments de la flotte. »

Qu'il me soit permis de placer un regret : combien n'est-il pas à déplorer que, d'essais en essais, on en vienne à perpétuellement changer de modèle en France, sans jamais laisser aux constructeurs la faculté de perfectionner leur système et de retrouver, sur plusieurs éditions d'une même machine pour ainsi dire, le bénéfice légitime qu'il est presque impossible d'obtenir dans la première exécution d'un modèle ! Voilà encore un des secrets de la prospérité des constructeurs anglais. Combien de fois déjà Penn, Bury, Maudslay, Miller, Napier, Rennie, Fawcett, n'ont-ils pas reproduit la même machine en la perfectionnant? M. Cavé a obtenu sur le *Chaptal*, premier en son genre, tout le succès qu'il est permis d'attendre

(1) On sait que tous les navires à vapeur sont dans le même cas.

d'un premier essai. Que n'eût-il pas fait si, appelé à recommencer son œuvre, il eût pu profiter de l'expérience du premier travail?

Passons maintenant en revue les dispositions nouvelles qui distinguent le *Chaptal*, et dont l'usage a consacré le mérite.

1° *Machine à vapeur.*—Dès les premiers essais de l'application de l'hélice à la propulsion des navires, on reconnut la nécessité de lui imprimer une rotation rapide. Les machines alors usitées ne donnaient guère plus d'un coup simple de piston et 1 mètre de vitesse par seconde, nombre qu'on n'osait pas trop dépasser, principalement à cause du peu d'efficacité des appareils condenseurs aux grandes vitesses. Dans les premiers bateaux à hélice, on accélérait donc le mouvement reçu du moteur à l'aide d'engrenages, de courroies, de chaînes sans fin..., aussi incommodes par leur ferraillement, leur poids et leur encombrement, que nuisibles au travail utile par leur frottement.

Le constructeur du *Chaptal* proposa, dès 1843, une machine manœuvrant directement l'hélice, donnant 70 tours en moyenne par minute, et par suite incomparablement plus légère. C'est celle qui fonctionne dans le *Chaptal ;* en Angleterre on n'en construit plus d'autres que dans de rares exceptions.

Il s'engageait, en outre, 1° à ce que la machine tînt peu de place et fût installée sous la ligne d'eau à l'abri des projectiles d'artillerie en temps de guerre ; 2° à ce que l'hélice fût, en toute circonstance, facile à visiter, enlever et replacer. Des rapports officiels nous ont prouvé que ces promesses étaient tenues, que ces *engagements* étaient *loyalement remplis;* voyons maintenant par quels procédés.

La machine est quadruple, c'est-à-dire composée de quatre cylindres horizontalement fixés sur un grand coffre en fonte qui, lui-même, repose sur les carlingues, et n'est autre que les condenseurs, bâches, etc., avec leurs pompes à air, clapets et autres accessoires de la condensation. Les cylindres sont placés en travers du navire de manière à ce que les bielles, reliant les tiges de piston aux manivelles, viennent directement agir sur l'arbre de l'hélice.

Ce système de machine, qui rappelle le mouvement des locomotives, est aujourd'hui très-usité. Mais ce qui spécialise le moteur du *Chaptal* consiste en ce que les deux paires de cylindres sont très-rapprochées vers l'axe du navire, l'arbre de l'hélice étant entre eux avec ses manivelles coudées et équilibrées. Chaque tige de piston sort de son cylindre par le couvercle qui regarde les flancs du navire ; elle est terminée par une traverse que guident des glissières ; ses extrémités reçoivent les bielles qui longent le cylindre commandant la machine à balancier de côté, dite *side lever engine*, et vont derrière ce cylindre retrouver les manivelles. Le mérite de cette disposition consiste surtout en ce que, tout en ramassant la machine de manière à n'occuper que 6m 40 dans la largeur du bateau, les bielles motrices ont sept fois la longueur des manivelles, tandis que dans le type exposé en 1851, à Londres, par la maison Bolton-Watt, et souvent reproduit depuis, il faut

éloigner les cylindres d'environ 6 mètres, et donner à la machine entière au moins 8 mètres de large pour atteindre à peine quatre fois la manivelle, circonstance éminemment défavorable à la bonne marche de la machine.

Voici maintenant les principales dimensions de la machine et de la coque :

Jaugeage en nombre rond.	1,000 tonneaux.
Longueur de la coque à la flottaison.	54ᵐ
Largeur —	9ᵐ 53
Rapport entre ces deux dimensions.	0 18
Creux total.	6ᵐ 08
Tirant d'eau moyen en charge.	3ᵐ 60
Nombre de coups de piston moyen par minute. .	70
Pression initiale de la vapeur.	1 atmosphère.
Détente commence au.	1/7
Diamètre des pistons.	1ᵐ
Chambre de vapeur dans la chaudière.	30ᵐ
Longueur de la machine.	6ᵐ 40
Largeur —	5ᵐ 80
Hauteur totale de la machine.	3ᵐ
Au-dessous de la flottaison.	0ᵐ 40
Force nominale suivant la commande.	220 chevaux.
Force nominale donnée par le constructeur. . .	340 chevaux.

Cette augmentation de puissance donnée par M. Cavé, *sans augmentation de prix*, est un fait très-habituel chez quelques-uns des constructeurs français ou anglais. L'un de ces derniers a même été jusqu'à doubler la puissance demandée, tenant à cœur, pour sa réputation, de dépasser de beaucoup les résultats promis. Il s'ensuit non-seulement que le possesseur de la machine obtient d'elle des ressources inespérées, mais qu'il l'a payée, toutes considérations faites, un prix fort réduit, puisqu'il possède *en réalité*, pour 200,000 fr., par exemple, une machine non pas de 200 chevaux, mais de 300 chevaux, qui lui revient, par conséquent, à moins de 700 fr. par cheval. Ainsi se trouve expliqué en même temps le secret de bon marché de certains constructeurs, qui ne diffèrent des premiers que parce qu'ils donnent juste ce qu'ils ont promis et rien au delà.

2° *Hélice.* — La théorie de l'hélice était encore peu connue lors de la construction du *Chaptal*, et M. Cavé dut, avant tout, procéder à des expériences en grand. Elles conduisirent à donner à l'hélice la forme dite *en aile de moulin* à six branches, formant au total un pas de 5 mètres avec 3 mètres de diamètre. On l'a depuis remplacée, à titre d'expérience, par diverses hélices qui ont plus ou moins bien réussi. Celle qui existe actuellement a quatre branches, 6ᵐ 40 de pas et 3ᵐ 20 de diamètre.

3° *Rondelle de poussée.* — Cet appareil est l'un des plus ingénieux du *Chaptal.* L'hélice, en prenant son point d'appui dans l'eau à la façon d'une vis dans un écrou fixe où chaque rotation la fait avancer d'un pas, tend nécessairement à exercer, en sens contraire, une poussée considérable dont il est important de garantir la machine. L'appareil de poussée dont le *Chaptal* est muni offre une analogie complète dans son principe avec les plaques tournantes des chemins de fer qui, par l'interposition de galets entre deux surfaces flottantes, tournent aisément sous des charges énormes. Mais, comme l'hélice joint une rotation rapide à une poussée de plusieurs tonnes, le constructeur, sur la demande de M. Labrousse, a superposé, pour ainsi dire, trois plaques tournantes l'une sur l'autre en commandant chacune d'elles par des engrenages qui ralentissent leur mouvement respectif dans un rapport donné. Et de cette manière les galets, tournant librement avec une vitesse égale à la différence des vitesses des surfaces entre lesquelles ils se trouvent, donnent, en somme, un frottement tellement doux, qu'après plusieurs mois de service l'usure était encore insignifiante.

4° *Puits de l'hélice.* — Pour rendre en tout temps l'hélice facile à visiter, enlever et replacer, il a été ménagé au-dessous d'elle, dans le corps de la poupe, un puits par lequel on peut la remonter sur le pont après avoir dégagé son axe d'avec l'arbre de la machine, lequel se termine par une partie carrée entrant en fourche. Quant à l'hélice elle-même, elle est portée dans un cadre dont les montants peuvent glisser dans des coulisses ménagées sur toute la hauteur du puits. Ce cadre est remonté à volonté par un treuil installé sur le pont. Quand on veut redescendre l'hélice à sa place, il suffit de laisser tomber le cadre au fond de la coulisse.

Afin que la fourche qui termine l'axe de l'hélice et la partie carrée de l'arbre moteur puissent se séparer, ce qui ne peut évidemment avoir lieu que dans la position verticale, on a dû ménager un mouvement d'engrenages d'angle, à l'aide duquel il est aisé de faire tourner l'arbre lorsque la machine n'est pas en feu, pour l'amener à la position voulue. Quant à l'hélice, il suffit, pour que la fourche soit verticale, d'arrêter l'une des ailes sur la traverse supérieure du cadre à l'aide d'un verrou, crampon, etc.

Maintenant, que doit-on penser du puits en lui-même et de la faculté d'enlever l'hélice, au lieu de la rendre tout simplement folle sur son arbre. La commodité du puits n'est pas contestée ; mais ce n'est qu'à la condition d'être vraiment nécessaire, et éminemment supérieur à tous autres procédés connus, qu'un mécanisme peut prétendre se faire adopter. Le premier auteur du système, le capitaine Labrousse, l'un des hommes les plus versés dans la science de la marine à vapeur, a traité la question des puits à tous ses points de vue, dans son savant ouvrage sur les propulseurs, et dans un mémoire spécial sur le sujet en particulier ; nous ne pouvons mieux faire que d'y renvoyer le lecteur en nous bornant à établir les quatre points suivants :

1° Le puits et l'enlèvement de l'hélice ont jusqu'ici trouvé peu de faveur auprès de nos ingénieurs de la marine, parce qu'ils regardent le simple affolement de l'hélice sur son axe comme suffisant pour la pratique.

2° La marine royale anglaise, au contraire, paraît l'avoir généralement adopté.

3° Ses plus chauds partisans sont ordinairement ceux qui en ont fait le plus long usage. Russel et Napier figurent, en Angleterre, au premier rang des ingénieurs illustres qui recommandent le système de MM. Labrousse et Cavé.

4° L'amiral Baudin écrivait en 1850 : « Il n'y a, selon moi, de navire à hélice complet que celui qui est muni d'un puits. »

5° *Registre du puits.* — On sait que l'arbre commandant l'hélice sort de la coque par un presse-étoupe ordinaire, qui empêche l'eau d'entrer dans le navire. Ce presse-étoupe a besoin d'être de temps en temps regarni, il peut arriver même que l'arbre, y trouvant trop de frottement, s'y échauffe et grippe. Ces réparations, pour le moins très-difficiles dans les navires non munis des appareils de MM. Labrousse et Cavé, sont très-aisées dans le *Chaptal*.

Il suffit, après avoir remonté hors du puits l'hélice et son cadre, de descendre un registre ou même une simple planche de bois le long de la coulisse de manière à empêcher l'eau d'entrer dans la chambre ou petit puits, au fond duquel se trouvent l'embrayage et le trou muni du presse-étoupe qui reçoit l'arbre. L'eau ne pouvant plus pénétrer dans cette chambre, on laissera d'abord écouler celle qui s'y trouvait avant l'abaissement du registre; puis on fera sans difficulté à l'arbre les réparations voulues.

Ainsi sont complétés les moyens par lesquels M. Cavé s'était engagé à rendre l'hélice et même la machine dans tous ses détails faciles à visiter et réparer en toutes circonstances.

NOTE

SUR LA FABRICATION DU FIL DE FER EN ANGLETERRE.

Par **M. TUNNER**, maître de forges, à Leoben (Styrie).

Les procédés qu'on suit en Angleterre pour la fabrication des fils de fer présentent, quand on les compare à ceux adoptés sur le continent, des différences fort importantes.

Toutes les grandes fabriques anglaises de fils de fer emploient comme matériaux plusieurs sortes de fers, soit du pays, soit de l'étranger, dont les

qualités varient aussi bien que les prix. Le fer provenant de l'étranger est, la plupart du temps, du fer de Suède et de Norwége, où on le fabrique avec de la fonte blanche qu'on affine au besoin. Cet affinage, en Angleterre, se fait par la méthode dite du Lancashire; on réchauffe dans des fours à réverbère disposés à cet effet, et enfin on tire en barres sous des marteaux généralement d'un grand poids. Ces barres sont ensuite laminées à une douce chaleur dans les fabriques anglaises, puis aussitôt livrées aux filières. Les meilleures qualités de fer anglais à tirer en fil sont fabriquées absolument de la même manière avec de la fonte de finage au coke, affinées dans de petits foyers fermés au charbon de bois, corroyées sous un gros marteau frontal, et enfin étirées. Indépendamment de ces fers, on emploie aussi de grandes quantités des diverses qualités les meilleures des fers pudlés. Il n'y a pas de doute que ce mode de fabrication du fer, combiné avec des marteaux d'un grand poids et le réchauffage dans un four à réverbère, ne fournisse un fer meilleur et surtout préférable à celui qu'on fabrique en Allemagne, et que la supériorité de la fabrication des fils de fer anglais ne soit due à ce soin de choisir pour chaque sorte de fil la nature ou la qualité des fers qui convient le mieux.

Le fer laminé, préalablement porté au rouge, est ensuite écuré à blanc dans des caisses en fonte avec du sable et de l'eau, et dans cet état livré à la première filière.

Après le premier trait (où la diminution dans la force du fil est, sous le rapport de la surface, dans le rapport de 7 à 4), le fil est recuit dans une chaudière cylindrique en fonte de 0^{m}70 à 1^{m}10 de diamètre, de 2^{m}10 de hauteur, et qui est entourée de deux côtés par la flamme du foyer et surmontée d'un manteau de cheminée avec tuyau d'appel. Le fil recuit est ensuite déroché dans une cuve en bois remplie d'acide sulfurique très-étendu, dont on élève la température en y faisant arriver de la vapeur d'eau.

Lorsque le fil paraît suffisamment déroché, on le lave dans l'eau froide ou mieux l'eau chaude, on le laisse sécher à l'air libre, et on le livre aussitôt au second tirage. Quand ce fil ne doit plus subir que ce second tirage, lorsqu'il a été déroché et pour en extraire autant que possible tout l'acide, on l'agite dans une eau de chaux, chose qui s'exécute d'ailleurs pour tous les gros fils avant leur dernier tirage. Ces opérations sont répétées de la même manière deux à trois fois, jusqu'à ce que le fil soit considéré comme un numéro terminé d'une grosse sorte ou livré comme matière pour en fabriquer des fils de plus fins numéros. Dans ce cas on procède à plusieurs tirages consécutifs avant de recuire de nouveau. Les filières, toujours en acier fondu, sont uniquement graissées avec du suif ou une matière grasse analogue, et on désigne cette sorte de tirage par l'expression de tirage à sec, en opposition avec le tirage par voie humide, procédés mis en pratique pour les sortes les plus fines de fils, et qui, après un certain degré de finesse (environ un demi-millimètre), ne sont plus recuits.

Dans le tirage par voie humide, le paquet de fil sur son dévidoir est placé devant la filière dans une sauce composée d'un peu de bière aigrie sur laquelle nage un peu d'huile d'olive, sauce qui sert en même temps à le décaper et à le graisser, et dont l'emploi a pour objet principal de donner au fil un aspect plus agréable et plus pur, et de le rendre moins disposé à se rouiller. En sortant de cette sauce, le fil, avant d'entrer dans la filière, passe encore sur un linge gras et imbibé d'huile. On conçoit aisément que dans le tirage à sec, la présence du suif, celle des écailles d'oxyde et autres impuretés, ne pourraient constituer un moyen convenable pour les filières des numéros fins. Le tirage par la voie humide constitue donc, pour les sortes fines de fil, une particularité importante.

Pour les fils très-fins, qui doivent avoir une assez grande longueur, et où par conséquent l'ouverture ou percement de la filière doit nécessairement s'agrandir notablement avant qu'on ait tiré toute cette longueur, on a, indépendamment du tirage par voie humide, recours à un tour de main déjà connu dans les tréfileries du continent. Le fil fin est, avant son passage, plongé dans une solution étendue de sulfate de cuivre, puis lavé de suite dans l'eau pure, ce qui lui a fait acquérir une légère couche de cuivre.

Il résulte de cette opération que, lors du passage, c'est, non pas le fer, mais le cuivre qui frotte contre les parois du trou de la filière, et par conséquent que ces parois ne sont plus attaquées, et que le fil se tire absolument de même diamètre sur toute sa longueur.

Le tirage du fil cuivré s'exécute dans des filières percées de trous de plus en plus fins, jusqu'à ce que la couche ou pellicule de cuivre finisse par être enlevée, et que le fil de fer reparaisse à nu dans son aspect naturel. Dans le cas où il n'est pas suffisamment découvert ou bien où cette pellicule ne disparaît pas assez promptement, on passe encore une fois avec précaution le fil à sec, ce qui enlève complétement la couche cuivreuse. Le cuivre joue donc ici un double rôle, c'est-à-dire qu'il facilite le passage tout comme une matière grasse, et contribue en outre au bel aspect du produit; c'est, du reste, quand on connaît cette pratique qu'on s'explique la parfaite identité de grosseur des fils anglais dans toute l'étendue des bottes, et le léger reflet rougeâtre et cuivreux qu'on y observe.

Plus ce fil est fin et a de dureté, plus aussi il est indispensable d'avoir recours à ce tour de main. C'est probablement à cette pratique qu'on doit la fabrication qu'on fait, du reste à dessein, du fil cuivré qu'on trouve dans le commerce.

Le fil de fer le plus fin qu'on rencontre en Angleterre avait 0mil.050799, et le fil de laiton 0mil. 025399.

CONSERVATION DES SUBSTANCES ORGANIQUES,

ET PARTICULIÈREMENT DES BOIS,

Par M. TISSIER, à Paris.

Breveté en France le 22 octobre 1844.

Les procédés chimiques de M. Tissier s'appliquent aux bois de menuiserie, de charpente et de construction de toute espèce pour les préserver de la pourriture humide, de la carie sèche, de l'attaque des vers et des artisons, ainsi que pour les empêcher de se tourmenter, de travailler et de se voiler ou gondoler.

Ils s'appliquent également aux fils, aux toiles, aux cordages, aux câbles et autres substances végétales et animales, pour les rendre incorruptibles à l'air et à l'humidité, pour les soustraire enfin à l'action de toutes les influences atmosphériques. Les tissus ainsi préparés ne prêtent plus, ce qui est une qualité très-précieuse pour les doublures des vêtements d'hommes; ils deviennent également hydrofuges, ce qui peut rendre de grands services aux artisans exposés pendant leurs travaux à l'action de l'eau ou des vapeurs humides.

Le traitement des bois devant, à cause du volume, différer de celui des fils, tissus et cordages, nous allons d'abord indiquer leur mode de préparation.

Les bois, lors même qu'ils sont secs, contiennent toujours dans les cellules de leurs tissus une certaine quantité d'eau et d'air qu'il est indispensable de chasser avant de les mettre en contact avec les substances chimiques qui doivent les pénétrer. A plus forte raison faut-il faire subir aux bois cette préparation préalable lorsqu'ils sont verts ou fraîchement coupés et qu'ils contiennent encore une partie de leur sève.

Manière d'opérer. — On place les bois que l'on veut préparer dans une chambre construite, soit en pierres ou en briques, soit en métal ou en bois, et disposée de telle sorte qu'elle puisse être fermée hermétiquement. Les dimensions et la quantité des bois importent peu, pourvu que les moyens d'action soient calculés en raison du cubage des matières à traiter. Il suffit de préparer séparément les bois blancs et les bois durs, les bois verts et les bois secs. On conçoit combien il est important d'observer ces règles simples, car la durée et l'énergie de l'opération doivent être calculées en raison de la nature, de la densité et de l'âge des bois, ainsi que du temps approximatif qui s'est écoulé depuis le jour où ils ont été coupés et écorcés.

Les bois étant placés dans leur chambre, et celle-ci fermée hermétiquement, on fait arriver dans l'appareil, à l'aide de conduits disposés à cet

effet, un fort courant d'air sec et chaud, afin d'élever la température et les priver de leur humidité. Cet air sec et chaud doit arriver dans l'appareil par une de ses extrémités la plus inférieure, puis être aspiré à la partie supérieure, soit par une pompe aspirante, soit par le vide obtenu par de la vapeur d'eau condensée dans des récipients *ad hoc*.

Lorsque la dessiccation des bois est jugée suffisante, on intercepte l'arrivée du courant d'air chaud et on laisse encore agir le système d'aspiration afin de faire le vide dans l'appareil.

Le vide approximatif obtenu, on ouvre le robinet d'un conduit fixé à la chambre, aboutissant à un vaste réservoir contenant soit une dissolution chaude de sulfate de fer, soit une dissolution chaude de sulfate de cuivre, de sulfate d'alumine ou de sulfate de zinc.

Par suite du vide obtenu dans la chambre, la liqueur chaude, destinée à l'imprégnation des bois, se rend elle-même dans cet appareil et opère immédiatement. Le temps nécessaire à cette opération est encore en raison des dimensions et de la densité des bois, mais dans tout état de choses la durée est plus courte que si elle avait été faite à froid et à l'air libre et même dans le vide.

L'imprégnation terminée, il ne reste plus qu'à faire sortir de la chambre la liqueur saline, ce qui s'obtient en ouvrant un robinet (car pour éviter la main-d'œuvre il faut que le réservoir soit placé en contre-bas de la chambre, où il faut avoir deux appareils, dont l'un agit tandis que l'on vide l'autre, et alors l'aspiration et l'éviction de la liqueur s'obtiennent à l'aide du vide), puis on fait sécher le bois à l'air libre.

Les substances chimiques ainsi employées n'augmentent ni la pesanteur ni la densité des bois; ceux-ci sont aussi élastiques, aussi maniables après qu'avant; on peut les travailler avec la même facilité, ils ne changent pas de couleur et sont absolument inodores.

Les sels absorbés deviennent insolubles, même à l'eau bouillante, en sorte que les bois préparés conservent les qualités qu'ils ont acquises pendant un temps déterminé.

Les tissus, les fils, les cordages et les autres substances végétales et animales peuvent s'imprégner très-bien en les plaçant dans des bains de liqueur saline froide à l'air chaud.

L'auteur emploie ainsi tous les sulfates et tous les sels chimiques qui peuvent atteindre le même résultat. La dissolution employée se fait en général dans la proportion de 1000 à 1500 grammes de sel pour 10 litres d'eau. On modifie ces proportions suivant la nature des substances chimiques.

Nous avons publié dans le Ier volume du *Génie Industriel*, les divers moyens proposés pour la préparation et la conservation des bois.

EXTRAIT D'UNE NOTE

SUR LES PERFECTIONNEMENTS DANS LA CONSTRUCTION DES VOIES FERRÉES EXPOSÉES A LA NEIGE DANS LES PAYS DE MONTAGNES,

Par M. le baron **SEGUIER**, membre de l'Institut.

La pratique des chemins de fer, dans des pays de climats divers, a révélé certains inconvénients auxquels il importe de faire face aujourd'hui; au nombre des inconvénients nouveaux que les journaux de cette saison signalent presque chaque jour, nous voyons l'interruption des services par l'encombrement de la neige sur les voies. Cet obstacle, qui ne doit durer que quelques semaines chaque année, ne mérite pas moins d'être combattu, puisque, par l'exécution des lignes nouvellement projetées dans les pays de montagnes, tels que la Suisse par exemple, la présence de la neige sur les voies peut se rencontrer plus fréquemment.

Avec les locomotives actuelles, on n'aura jamais, pour ouvrir le passage au travers de la neige avec des espèces de versoirs qui la rejettent sur les bas-côtés, qu'une puissance égale à l'adhérence de la roue contre le rail par suite de la masse de la locomotive; or, cette puissance n'est pas toute celle que peut fournir la vapeur tendue dans une chaudière jusqu'au maximum de charge de la soupape, comme nous le voyons si souvent au moment des démarrages lorsque les roues tournent sur elles-mêmes avant d'avoir pu vaincre l'inertie du convoi.

Pour le cas exceptionnel du déblai de la neige, dût-on charger la locomotive d'un poids additionnel, il est toujours vrai qu'une partie quelconque de la puissance de la vapeur sera encore absorbée par le besoin de transporter sur la voie cet excédant de masse.

Dans le mode actuel de traction, l'adhérence des roues est trouvée seulement dans la masse de la locomotive, on n'a donc aucun intérêt à chercher à en amoindrir le poids; pourtant c'est le poids de la locomotive seul qui détermine l'échantillon des rails : ils pourraient indubitablement être moins forts, s'ils n'avaient jamais à supporter que des paires de roues chargées comme le sont généralement toutes celles des wagons. Nous ne prétendons pas dire que, dans l'état actuel de l'industrie des machines à vapeur, il soit possible d'établir des locomotives puissantes, c'est-à-dire avec la surface de chauffe convenable pour générer une vapeur abondante et avec des cylindres de dimension suffisante pour l'employer utilement, beaucoup plus légères que celles qui circulent aujourd'hui; mais nous allons faire voir comment la substitution du mode de traction *par laminage* au mode de progression par simple adhérence, permettrait de réduire le poids qui pèse sur les roues motrices, presque à la charge la plus ordinaire des roues des wagons de voyageurs ou de marchandises.

En effet, le système de traction par laminage d'un rail intermédiaire serré entre les roues motrices installées dans le plan horizontal, permet seul de pouvoir scinder la locomotive en deux, en répartissant sur des trains différents les cylindres et la chaudière. Dans ce système, la progression n'ayant plus pour cause intermédiaire le poids de la locomotive, mais bien le simple rapprochement des roues motrices entre elles, sollicitée par la résistance même du convoi, il n'est plus nécessaire de répartir sur les essieux moteurs la plus grande partie de la masse du moteur, s'élevant toujours beaucoup au-dessus du poids qui grève les essieux de tous les autres wagons.

La possibilité de scinder la locomotive n'a pas pour seul avantage d'amoindrir le frottement des axes moteurs, de permettre l'emploi de rails d'un échantillon plus faible, de diminuer considérablement les frais d'entretien de la voie, si péniblement ébranlée par le passage des lourdes locomotives destinées aux convois de marchandises. Cette séparation de la chaudière et des cylindres peut amener une suppression de matériel; car il serait avantageux, comme l'expérience le prouve dans les machines constamment occupées dans les gares à composer les convois, de maintenir le plus longtemps possible les chaudières en feu. pour éviter les dislocations par retrait métallique qui accompagnent toujours les refroidissements. Cela serait praticable si, après un certain parcours, un moteur fraîchement lubréfié, soigneusement vérifié dans tous ses organes, pouvait venir prendre la place de celui qu'une chaudière montée sur un train particulier vient d'amener à une station de relai. Il est probable que cette division permettrait une réduction considérable dans la partie du matériel des chaudières, puisqu'un générateur de vapeur, qui n'a besoin d'autre entretien ordinaire que le ramonage de ses tubes et le graissage des essieux qui le supportent, pourrait faire le service de trois moteurs, visités et nettoyés séparément aux stations, avec d'autant plus de facilité qu'ils seraient distincts du générateur dont le voisinage ou l'installation ordinaire au-dessus des machines rend très-incommode le travail des ouvriers machinistes chargés de l'entretien des machines.

Les frais d'allumage et d'extinction seraient en partie supprimés, et l'intérêt du capital représentant le matériel roulant des locomotives serait aussi réduit. Le bénéfice de la traction augmenterait de toutes les pertes de vapeur occasionnées par le patinage des roues. Un compteur placé sur les roues motrices prouve que, par les temps les plus favorables, la développée des roues est toujours plus considérable que le chemin parcouru; le système de traction par laminage, une fois adopté, débarrassant le problème de la locomotion par adhérence du poids indispensable de la locomotive, permettrait aux esprits ingénieux de s'exercer à la solution d'un générateur léger, et les efforts récemment tentés par M. Belleville dans l'usine de M. Gandillot, à la Briche, près Paris, font croire que cette idée n'est point une utopie.

FABRICATION DE LA MONNAIE

PAR PROCÉDÉS MÉCANIQUES

EN USAGE A L'HOTEL DES MONNAIES DE PARIS.

(PLANCHES 33 ET 34.)

La fabrication de la monnaie, qui pendant longtemps était restée stationnaire en France, sous le rapport des procédés mécaniques, occupe aujourd'hui le premier rang dans le monde, non-seulement par la régularité, par la précision des pièces que l'on produit, mais encore par la disposition des appareils, des machines qui y sont employés et qui fonctionnent avec une dextérité remarquable.

En origine, les monnaies comme les médailles se fabriquaient par le procédé du moulage; aussi la pureté des lignes était évidemment bien inférieure à celle que l'on obtient sur les monnaies actuelles. Jusque vers le règne de Louis XIII, les monnaies en France se coulaient en lentilles, puis les pièces, rougies au feu, étaient placées entre deux coins de bronze très-durs, gravés au tour et encastrés dans une chemise en fer sur laquelle on frappait avec le marteau pour donner l'empreinte aux pièces. Ce ne fut que vers la fin de cette époque que s'introduisit l'usage de graver au burin des coins d'acier, d'aplanir le métal et de le réduire en feuilles, puis de le découper avec des cisailles.

L'invention du balancier eut lieu sous le règne de Henri II : Nicolas Briet, tailleur général des monnaies, voulut, à l'aide de cette invention et du laminoir, monter une fabrication parfaite, fournissant des pièces identiques, mais il ne put y parvenir; il crut alors devoir aller en Angleterre, où l'on s'empressa de les adopter. On reconnut bientôt en France la nécessité d'avoir recours à un mode semblable de fabrication. Néanmoins, ce ne fut que vers 1645, au commencement du règne de Louis XIV, que la fabrication au marteau fut totalement interdite.

Si l'Angleterre nous a devancés pendant un temps pour les moyens mécaniques employés dans ce genre de travail, notre système actuel, tel qu'il est aujourd'hui en usage à l'hôtel des Monnaies de Paris, est certainement supérieur à celui qui est pratiqué à Londres; aussi nous savons que

de l'autre côté du détroit, on est en projet de réorganiser complétement l'usine existante.

La fabrication de la monnaie exige, avant le frappage, plusieurs préparations ou opérations préliminaires qui nécessitent l'emploi successif de divers appareils. Il est peut-être utile, à ce sujet, de faire voir tout d'abord, en quelques mots, la marche générale de ces opérations, pour donner une idée de son ensemble et indiquer l'ordre dans lequel les machines sont employées. Comme nous devons à l'obligeance de M. Diérix, directeur général de la Monnaie de Paris, l'autorisation d'avoir pu relever les appareils, les instruments, les machines qui sont appliqués dans ce bel et grand établissement, il nous a été possible de suivre avec beaucoup de soin tous les détails de la fabrication, soit pour l'or, soit pour l'argent, soit pour la monnaie de cuivre. La description que nous allons donner est donc essentiellement pratique et sera, nous l'espérons, d'autant mieux comprise, que nous l'accompagnons de dessins très-détaillés.

Nous pensons que ces documents seront vus avec intérêt, comme présentant les meilleurs modèles à suivre dans tous les pays qui ne sont pas encore à la hauteur des progrès actuels. D'ailleurs, les moyens mécaniques que nous allons indiquer ont l'avantage de pouvoir s'appliquer aussi dans un grand nombre d'autres industries.

On sait que c'est l'argent qui forme la base du système monétaire établi pour faciliter les échanges, il est aussi le plus employé dans la fabrication de la monnaie ; ce métal doit être parfaitement pur et par conséquent préalablement affiné ; il est allié avec une certaine quantité de cuivre, afin d'acquérir une dureté suffisante pour résister à l'usure. En France, la proportion adoptée est toujours de 1/10e de cuivre pur pour 9/10es d'argent fin. Il en est de même pour les pièces d'or.

L'alliage se prépare dans des creusets en fer forgé d'une forte épaisseur et que l'on dispose, comme on le voit sur les premières figures de la planche 33, dans des fours spéciaux chauffés à de très-hautes températures. Il est alors coulé dans des lingotières, en plaques minces de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, puis tiré en bandes de diverses dimensions. Ces bandes sont réduites aux épaisseurs convenables par des passes successives dans des laminoirs dégrossisseurs et finisseurs, en ayant le soin de les faire recuire de temps à autre.

On découpe les flans dans les bandes ainsi préparées, soit à l'aide de balanciers, soit au moyen d'un découpoir marchant d'une manière continue par le moteur même de l'usine. Après avoir vérifié le poids de ces flans, ce qui a lieu à l'aide d'un instrument fort simple, on les fait passer sur la machine à cordonner, qui a pour objet d'en refouler légèrement le bord extérieur, afin que ce bord ait un peu plus d'épaisseur que le centre. On procède ensuite à leur blanchiment, et on les porte enfin aux presses mécaniques qui les frappent.

Ces presses, d'une combinaison très-ingénieuse, due, pour la plupart

d'entre elles, à M. Thonnelier (1), sont construites avec une précision mathématique dans les ateliers de MM. Cail et Ce. C'est par elles que nous terminerons la description successive des opérations relatives à la fabrication de la monnaie.

FOURS A FONDRE L'ARGENT, REPRÉSENTÉS FIG. 1 A 5, PL. 33.

L'appareil employé à la Monnaie de Paris, pour fondre l'argent, est double, c'est-à-dire disposé pour recevoir deux creusets, autour desquels circule la chaleur de deux foyers semblables alimentés avec du bois de chauffage ordinaire. La flamme et la fumée, après avoir léché toute la surface extérieure des creusets, se rendent dans un carneau commun qui communique avec la cheminée d'appel.

Chacun des creusets peut servir, indépendamment l'un de l'autre, et, par suite, on peut n'en faire marcher qu'un seul à la fois, lorsqu'on intercepte la communication du conduit voisin. Ils sont en fer forgé et pèsent environ 400 kilogr. Avant d'y mettre les lingots d'argent on examine préalablement le titre de ceux-ci, afin d'ajouter la quantité de cuivre nécessaire pour former l'alliage exigé.

Lorsqu'on commence l'opération, on élève graduellement la température jusqu'à 1200 degrés centigrades environ, afin que le métal devienne bien liquide; on maintient cette température pendant un certain temps, de telle sorte que la première coulée ne se fait guère qu'au bout de six heures; mais les coulées suivantes ne demandent pas plus de quatre heures, parce que les creusets et les fourneaux sont suffisamment chauds. En général, on estime que l'on peut fondre dans chaque creuset 1100 kil. de matières.

Les fig. 1 et 2 du dessin, pl. 33, représentent une vue de face en élévation et un plan vu en dessus de l'un des deux fours qui composent l'appareil.

Les fig. 3 et 4 sont deux sections du four voisin; l'une est verticale et faite par l'axe du creuset, et l'autre est horizontale et faite au-dessus de la grille du foyer.

Enfin, la fig. 5 est une coupe transversale de ces fours faite perpendiculairement aux précédentes.

DU CREUSET. — On voit par ces figures que chaque creuset est formé d'une sorte de marmite [illegible] cuvette en fer A, qui n'a pas moins de 5 centimètres d'épaisseur, e[illegible] capacité intérieure correspond à un cylindre de 56 centimètres de [illegible] sur 50 de hauteur (2). Il est placé au centre

[illegible]oleur allem[illegible] exécute depuis longtemps des presses monétaires [illegible] modèle [illegible] des Monnaies de Paris. Les presses Thonnelier [illegible] [illegible]e princi[illegible] datent de 1814.

[illegible]on de [illegible] n'est pas chose facile; leur forme, leurs dimensions ne [illegible]lemm[illegible]ion. Aussi, bien des ouvriers ont dû renoncer à les fabri- [illegible]utili[illegible] puissant pour parvenir à les faire bien saines, sans la [illegible]et d[illegible] pièce. La maison Cavé, à Paris, et celle [illegible] et Gaudet,

du massif, en briques réfractaires B, composant le four proprement dit, et qui laisse intérieurement un espace circulaire autour de la paroi extérieure du creuset, afin que celui-ci puisse être complétement plongé dans la flamme.

Trois pieds en fer *a*, disposés verticalement en triangles sur les trois fortes barres horizontales *b*, avec lesquelles ils font corps, servent de supports au creuset, tout en l'élevant à la hauteur nécessaire au-dessus de la grille, laquelle est justement formée par ces barres et les tiges parallèles *c*, qui, comme elles, sont reliées aux traverses *d*. Cette espèce de grille est recouverte, pendant le travail, de feuilles de tôle mince que l'on charge d'une couche de sable afin d'empêcher que la chaleur qui se dégage du foyer ne redescende dans la capacité inférieure C, qui a été ménagée sous le creuset, pour permettre d'en retirer la matière qui s'en échapperait s'il venait à fuir.

Sur le bord supérieur du creuset se place une forte rondelle en fonte *e*, servant à faire le joint entre celui-ci et le sommet du four, afin d'empêcher que la flamme et la fumée ne se dégagent par cette partie ; c'est sur cette rondelle que l'on fait reposer le couvercle en fonte *f* dont l'ouverture centrale est fermée par une brique ou de la terre réfractaire. On peut relever ce couvercle à volonté, en le faisant tourner sur l'espèce d'oreille *g* (fig. 2), qui fait l'office de charnière, au moyen d'une chaînette attachée au piton *h* et passant sur une poulie à gorge adaptée au plafond de l'usine.

Du foyer. — Le foyer D de chaque four se compose d'une capacité rectangulaire entièrement construite en briques réfractaires et ouverte sur le devant pour permettre l'introduction du combustible sur la grille E, qui est disposée à sa partie inférieure. Cette ouverture est fermée par la porte en fer *j*, qui s'applique sur la façade en fonte F du four. La grille se compose de dix barreaux parallèles qui reposent par leurs extrémités sur deux traverses en fer scellées dans la maçonnerie. Au-dessous est ménagé le cendrier G, dont l'ouverture est fermée par un couvercle en tôle *k*, ajusté à charnière sur une espèce d'équerre en fonte *l*. Ce couvercle ferme en outre une seconde ouverture *m*, ménagée au-dessous de la porte *j*, afin de permettre de piquer le feu et d'activer la combustion sans ouvrir cette porte. Il peut se lever à volonté, au moyen d'une poignée *n*, et se fixer dans la position convenable à l'aide d'une crémaillère *o*, que l'on accroche à un piton rapporté contre la paroi latérale fixe *p* (voy. fig. 5).

Construction du four. — Toute la façade du four est garnie, comme nous l'avons dit, de fortes plaques en fonte dans lesquelles on a ménagé les ouvertures nécessaires. Ces plaques sont rendues solidaires avec le massif des fourneaux par les montants verticaux en fer *q*, scellés dans le bas, et reliés, dans le haut, par des tirants à écrou *r*, disposition qui, tout

à Rive-de-Gier, sont arrivées, à cet égard, aux résultats les plus satisfaisants, par des moyens très-énergiques.

en donnant la solidité désirable à l'appareil, permet cependant de le démonter et de le remonter avec la plus grande facilité.

Extérieurement, et en regard de chaque creuset, sont deux plaques en fonte superposées J, J', dont l'une, celle inférieure, est percée à son milieu, vers la partie inférieure, suivant une ouverture rectangulaire I, qui permet de regarder au besoin sous le creuset, et que l'on bouche avec une brique, lorsque le fourneau est en activité. Cette plaque porte plus haut deux petits pitons *s*, qui servent à accrocher la plaque horizontale en fonte K, placée horizontalement sur l'excavation ménagée en avant du fourneau, sur le prolongement de celle qui existe sous le creuset; ainsi, quand on veut approcher de celui-ci, on relève cette plaque et on l'accroche par ses deux pitons; puis, quand la visite est faite, on la laisse reposer sur le châssis en fonte L, qui est établi à fleur du sol sur la maçonnerie.

La plaque supérieure J' est en partie circulaire, concentrique à la capa cité cylindrique du four; elle porte une poignée vers son milieu, pour qu'on puisse l'enlever ou la remettre à volonté. A sa partie supérieure est rapportée une petite traverse en fer *t* qui, avec le rebord circulaire *u*, forme un joint parfait sur le four, le jeu qui existe entre ces pièces et la rondelle de fonte *e*, qui couvre le bord du creuset, étant rempli d'argile ou de terre réfractaire.

On a aussi ménagé sur le devant de l'appareil, entre les deux fours, des regards qui permettent de visiter au besoin les carneaux d'échappement M, par lesquels la flamme et la fumée sont conduites, après avoir chauffé les creusets, jusqu'à la cheminée d'appel qui peut être commune aux deux fourneaux. Ces regards sont fermés par des bouchons en fonte *x*, que l'on garnit intérieurement de briques ou de terre, et que l'on fixe par des vis sur la face extérieure des plaques verticales F. On a aussi ménagé, vers l'autre extrémité des carneaux de sortie, un autre regard que l'on ferme de même par une plaque de fonte *y*, laquelle recouvre le conduit vertical commun qui communique avec la cheminée et avec les deux carneaux M.

Travail de l'appareil. — Comme nous l'avons dit, chacun des deux fours représentés peut opérer ensemble ou séparément, et toujours indépendamment l'un de l'autre. Lorsque leurs creusets sont remplis de métal, on charge les grilles E; on place les couvercles *f*, on ferme les regards et les portes, puis on allume. La flamme et la fumée, qui se dégagent de chacun des foyers, viennent alors, en traversant le canal de communication H, circuler tout autour de la paroi extérieure des creusets, afin de chauffer ceux-ci dans toute leur étendue, puis elles s'échappent dans les carneaux latéraux M, qui les conduisent à la cheminée. On a le soin de soulever de temps à autre le couvercle *k*, afin de piquer le feu et d'activer la combustion. On enlève aussi, par l'ouverture que découvre ce couvercle, toutes les braises qui sont tombées dans le cendrier et que l'on conserve dans des étouffoirs en tôle, comme font les boulangers,

Quand on juge que l'opération est arrivée à sa fin, et que par conséquent le métal est suffisamment liquéfié, ce que les ouvriers chargés de ce travail reconnaissent toujours facilement, on enlève le couvercle *f* et on verse tout d'abord sur la surface liquide une couche de ces braises éteintes, puis on relève la plaque de fonte K, afin de pouvoir s'approcher des creusets et en retirer par suite le métal en fusion, que l'on peut prendre par quantités convenables à l'aide d'une espèce de cuillère ou de poche à manche, comme celle qui est représentée en élévation et en plan sur le détail fig. 6, et que l'on transporte jusqu'à l'appareil des lingotières placé à peu de distance des fours. Les hommes qui procèdent à cette opération ont le soin de s'envelopper les mains et une partie des bras d'un grand sac de toile écrue, afin de se garantir autant que possible.

DESCRIPTION DES LINGOTIÈRES, REPRÉSENTÉES FIG. 7 A 14, PL. 33.

L'appareil dit des *lingotières* comprend la réunion de plusieurs moules semblables disposés autour d'une grande plate-forme circulaire en fonte que l'on peut faire tourner librement sur un pivot fixe placé au centre d'une espèce d'auge circulaire.

Chaque moule se compose de deux plaques très-épaisses en fonte dont l'une est fixe et l'autre mobile. Sur cette dernière sont pratiquées des rainures trapézoïdales dont les dimensions varient suivant l'épaisseur et la largeur des bandes que l'on veut obtenir. Les plaques mobiles sont placées quatre par quatre sur trois chariots, qui, à l'aide de petits galets, peuvent facilement glisser sur la plate-forme et qui, par cela même, peuvent recevoir à propos un mouvement de va-et-vient, afin d'ouvrir ou de fermer à la fois une série de quatre moules, par une simple combinaison de leviers que l'on fait agir à la main. Les fig. 7 et 8 du dessin, pl. 33, représentent la disposition complète de ce système de lingotières.

Dans la fig. 7 nous avons supposé une partie des moules vus en dessus, et une autre partie, vus coupés à peu de distance au-dessus de la plate-forme qui les soutient. Dans la fig. 8 nous avons supposé une section verticale faite par l'axe de la plate-forme et de l'auge circulaire avec la vue d'une plaque fixe d'un côté et d'une plaque mobile de l'autre.

Comme il est facile de le voir par ces figures, le système se compose de douze paires de moules formés chacun, comme nous l'avons dit, de deux fortes plaques en fonte A A', et disposées à égale distance autour du disque ou de la plate-forme proprement dite B, qui est fondue d'une seule et même pièce, avec autant de nervures qu'elle doit porter de moules, et avec la douille centrale *a*, afin de reposer sur le pivot aciéré *b* qui est boulonné au centre du trépied en fonte C, lequel fait partie de la plaque d'assise D, encastrée sur un massif en maçonnerie.

La partie fixe A de chaque moule est supportée par deux paires de brides ou équerres *c*, *c'*, à des barres verticales *d*, fondues ou rivées sur le bord extérieur de la plate-forme, en regard des nervures mêmes ménagées sous

cette dernière. Une sorte de crochet *e* est rapporté sur le sommet de la même plaque, pour servir à écarter les saletés qui se trouvent au bord de la poche au moment de la coulée, afin d'obtenir un jet liquide bien pur.

Pour que les mêmes plaques fixes soient bien maintenues dans la position qui leur a été donnée, elles ne sont pas seulement assujéties par les équerres *c*, *c'*, mais encore par deux vis de pression ou vis buttantes *f*, taraudées à l'extrémité de deux branches en fer *g*, *g'*, dont l'une, celle supérieure, est rivée sur le côté de la barre verticale *d*, et l'autre, la plus longue, se prolonge en formant ressort pour aller embrasser le milieu du bras en fer E qui supporte la plaque mobile. Ces deux branches s'articulent d'ailleurs autour du goujon *h*, dont la patte est fixée à la même barre *d*.

Les fig. 9 et 10, qui représentent, en élévation vue de face et en plan vu en dessus, une paire de moules complets, sur une échelle plus grande que celle des figures d'ensemble, montrent bien la disposition que nous venons de décrire, ainsi que les fig. 11 et 12, qui font voir également les deux plaques du même moule A, A', extérieurement.

Chacun des bras en fer E qui portent les plaques mobiles des moules est fixé d'un bout, près du centre de la plate-forme, par un petit goujon *i* qui lui sert de pivot, et repose, vers l'autre extrémité, sur l'un des trois chariots F, où il est retenu par une patte en fer *j*. Cette patte forme une sorte de double équerre dont les oreilles ou les côtés verticaux servent d'écrous à des vis de pression que l'on voit représentées sur les fig. 9 et 10.

C'est à l'extrémité de chacun de ces mêmes bras E que l'on assujétit la plaque mobile verticale A' de chaque moule, au moyen d'équerres *k*, *k'*, analogues à celles *c*, *c'*, qui retiennent les plaques fixes A sur leurs barres *d*; ces équerres sont assemblées de manière à former articulation, afin que, quand les deux plaques sont rapprochées l'une contre l'autre, leurs faces de jonction, qui ont été préalablement dressées, coïncident bien l'une sur l'autre. On rapporte aussi, derrière la plaque mobile, une vis buttante *f'*, qui est taraudée à l'extrémité de la branche recourbée *l*, afin de servir, comme celle de la plaque fixe, à lui donner plus de rigidité.

On a remarqué que la face intérieure de chacune des plaques mobiles porte plusieurs entailles ou rainures verticales, dont la forme et les dimensions ne sont pas les mêmes pour chaque moule; il y en a qui sont comme l'indique la fig. 13, et d'autres, au contraire, comme celles indiquées fig. 14; on peut donc ainsi obtenir des lingots ou des bandes dont les proportions sont en rapport avec celles des monnaies à fabriquer.

Nous avons dit que les plaques mobiles des moules sont placées quatre par quatre sur trois chariots distribués à égale distance sur la circonférence de la plate-forme. Ces chariots se composent chacun d'un fragment de cercle F portant quatre petits galets cylindriques *m* qui roulent sur le bord horizontal dressé du plateau B. Un seul de ces chariots a été représenté sur le plan fig. 7; les deux autres n'ont pu y être figurés; au reste,

le mécanisme de chacun d'eux est exactement identique et permet de les manœuvrer séparément.

Le mouvement circulaire alternatif ou de va-et-vient qu'on doit imprimer aux chariots, et par suite aux plaques mobiles des moules, a lieu au moyen d'une combinaison de leviers qui ont leur point d'appui sur les deux supports ou montants en fer G, G′, lesquels sont directement boulonnés sur la plate-forme, et reliés entre eux par un croisillon ou croix de saint-andré *n*, qui est également en fer.

Le levier supérieur H, à l'aide duquel on manœuvre, se termine par une poignée et s'articule sur le sommet du montant G′; il est assemblé par articulation au lien ou bielle I, qui le relie au levier intermédiaire J, lui communique naturellement le mouvement ascensionnel ou descensionnel qu'il reçoit, et le transmet ensuite, à l'aide de la seconde tige K, au troisième levier à deux branches L. Ce dernier a son point d'appui dans la coulisse du support M, qui est aussi fixé sur la plate-forme. L'une de ses branches, celle qui s'adapte à la tige K, est percée de plusieurs trous, afin de permettre de varier sa longueur, et par suite la quantité de mouvement. Sa seconde branche est reliée par articulation à une oreille du chariot mobile F, qu'il force à marcher à droite ou à gauche, suivant qu'on élève ou qu'on abaisse le grand levier H.

Dans la position indiquée en lignes pleines sur la fig. 8, le levier H étant baissé, les plaques de chaque moule sont rapprochées, par conséquent les moules sont fermés. Lorsque, au contraire, le levier H est relevé, le mécanisme occupe la position indiquée en lignes ponctuées, les plaques sont alors écartées, et par suite les moules ouverts. On a eu le soin de placer deux points d'arrêt sur le prolongement du support vertical G pour limiter les deux positions extrêmes du levier H, que l'on dégage toutes les fois qu'on veut le faire mouvoir.

Une cuvette en fonte N est suspendue par des fils de fer aux deux montants G, G′. Dans chacun des trois systèmes, cette cuvette contient de l'huile qui sert à enduire les surfaces intérieures des plaques de chaque moule. Cette opération, qui se fait simplement à l'aide d'une brosse, a lieu toutes les fois que l'on veut introduire le métal en fusion dans les moules; elle sert à les faire joindre très-hermétiquement, et à empêcher que les lingots coulés n'adhèrent trop fortement à la fonte.

On a aussi disposé au-dessous des moules une auge circulaire en fonte, composée de six segments à rebords O, reliés ensemble par un cercle en fer *o* et reposant sur le sol; cette auge est destinée à recevoir l'excédant del 'huile et du métal fondu qui pourrait s'échapper des moules pendant la coulée.

D'après ce qui précède, il est facile de comprendre la marche d'une lingotière : lorsque les leviers sont élevés cemme l'indiquent les lignes ponctuées fig. 8, les plaques des quatre moules qui composent un système correspondant au même chariot sont écartées, et permettent, soit de reti-

rer les lingots fondus, soit d'enduire ces plaques d'huile, si la coulée vient de se faire. Pour recommencer l'opération, on descend les leviers et on rapproche par suite les plaques de chaque moule.

La plate-forme mobile permet de présenter toujours chaque série de quatre moules successivement à la portée des ouvriers chargés des coulées, de sorte que, pendant qu'on remplit l'une des séries, on retire les lingots obtenus dans les deux autres, et on enduit leurs moules d'une légère couche d'huile ou de graisse, afin de les tenir prêts à leur tour à recevoir le métal en fusion.

Nous devons dire, en terminant ce sujet, qu'en Angleterre, on fond les lingots de 30 millimètres d'épaisseur, et qu'on les réduit ensuite à la dimension convenable, en les faisant passer entre les cylindres d'un puissant laminoir.

Les creusets dans lesquels s'opère la fusion sont en fonte de fer, et contiennent aisément 100 kilogr. de métal. Ils sont garnis d'un bec par lequel on verse le métal, et de deux oreilles que saisissent les pinces d'une grue, lorsqu'on les enlève de dessus le fourneau.

Pendant la fonte, qui dure quelques heures, on remue l'alliage de temps à autre, et on prépare les moules qu'on chauffe dans une étuve, et dont on frotte la surface intérieure avec un linge mouillé d'huile, afin que les lingots viennent mieux.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DES LAMINOIRS, REPRÉSENTÉS PLANCHE 34.

Les lingots ou les bandes de métal obtenus comme nous venons de le décrire, sont soumis, en sortant des lingotières, à l'action des laminoirs qui ont pour but de les réduire aux épaisseurs convenables, selon les dimensions des pièces que l'on veut obtenir.

Ces laminoirs sont de deux espèces : les premiers, que l'on appelle *dégrossisseurs*, servent au premier passage ou aux *premières passes* successives qui sont habituellement au nombre de cinq à six pour les bandes d'où l'on tire les flans des pièces de 5 fr. Les seconds laminoirs, appelés *polisseurs*, font les dernières passes qui amènent les bandes exactement à l'épaisseur voulue.

Pour les pièces inférieures à celles de 5 fr., les lingots, étant moins épais, exigent aussi moins de passes.

Les bandes laminées n'augmentent pas sensiblement, comme on sait, dans le sens de la largeur, mais elles s'allongent beaucoup; aussi est-on dans l'obligation de les couper en deux, en trois ou en quatre parties pendant le cours de l'opération, ce qui se fait, du reste, simplement à l'aide d'une petite cisaille à main.

Dès la première passe sur le laminoir dégrossisseur, si on reconnaît que les lingots d'argent sont trop durs, on les fait recuire dans une sorte de four à réchauffer, qui est spécialement disposé à cet effet, mais le plus

ordinairement ce n'est qu'après la sixième passe qu'on leur fait subir le premier recuit.

Pour cette opération, les bandes sont d'abord cintrées sur une petite machine spéciale, afin de les disposer convenablement et de les réunir en paquets, qu'on relie par les bandelettes provenant des déchets qui résultent du découpage des flans.

Ces paquets sont placés d'une manière régulière sur un plateau ou disque circulaire mobile, renfermé au milieu du four à réchauffer, et, afin qu'ils reçoivent une chaleur égale dans toutes leurs parties, on imprime au plateau un mouvement de rotation continu, mais lent. Ce mouvement peut être produit au besoin par le moteur même de l'usine. Il est interrompu dès qu'on le juge nécessaire, c'est-à-dire dès qu'on est arrivé au degré de recuit convenable, à l'aide d'un débrayage qui est appliqué sur l'arbre même du disque.

Le nombre de bandes que l'on peut faire passer dans un temps donné sur chacun des laminoirs, varie non-seulement suivant leurs dimensions, mais encore selon la vitesse de rotation des cylindres. Ainsi, il en passe naturellement, dans le même temps, une plus grande quantité sur le polisseur, qui fait habituellement 14 à 15 tours par minute, que sur le dégrossisseur, qui n'en fait que 10. Il est vrai de dire cependant que le diamètre des cylindres dans celui-ci est sensiblement plus grand que celui des cylindres du polisseur, de sorte que, pour connaître proportionnellement le travail de chacun d'eux, il faut multiplier le nombre de tours qu'ils font sur eux-mêmes par leur circonférence respective, et le produit donne alors le développement des bandes laminées.

Les cages des laminoirs dégrossisseurs, comme celles des finisseurs ou polisseurs, sont disposées deux par deux sur de forts bancs en fonte, lesquels reposent sur des pièces de charpente et des fondations solides. Un arbre de couche, recevant directement son action du moteur, passe à l'intérieur, pour servir à commander par des engrenages des arbres intermédiaires qui communiquent leur mouvement aux deux cylindres de chaque laminoir. Le même arbre de couche sert aussi à faire mouvoir d'autres appareils accessoires à la fabrication.

C'est à M. Moulfarine que l'on doit l'exécution des machines à vapeur, des principaux appareils et des communications de mouvements qui fonctionnent à l'Hôtel des Monnaies de Paris. M. Gallez en avait dressé les plans et suivi une grande partie du montage. Cet ingénieur est appelé aujourd'hui en Angleterre, pour l'organisation des ateliers d'affinage de l'or et de l'argent sur une grande échelle.

LAMINOIR DÉGROSSISSEUR, REPRÉSENTÉ FIG. 1 A 5, PL. 34.

La fig. 1re représente une projection latérale ou vue de face extérieure de ce laminoir monté sur son banc en fonte.

La fig. 2 en est une section verticale faite par le milieu des cylindres suivant la ligne 1-2.

La fig. 3 est une seconde coupe faite par l'axe suivant la ligne-3-4.

La fig. 4 est une double section horizontale, dont une partie faite suivant la ligne 5-6, et l'autre à la hauteur de la ligne 7 8.

Les deux cylindres A, A', qui composent ce laminoir sont en fonte très-dure, tournés avec le plus grand soin et rodés à l'émeri sur une machine spéciale disposée pour ce travail. Ils sont renfermés dans les fortes cages de fonte B, qui, quoique très-rapprochées l'une de l'autre, n'en sont pas moins reliées entre elles, vers leur partie supérieure comme vers leur partie inférieure, par les entretoises en fer *b*.

Ces cages portent à leur base de larges oreilles qui sont dressées en dessous et boulonnées sur le banc ou la table en fonte C, qui élève le laminoir à la hauteur convenable au-dessus du sol, et qui est elle-même assujétie sur de fortes pièces de charpente D, assises dans toute leur longueur sur un massif en pierre très-solide. Ces pièces de charpente n'ont d'autre but que de servir de coussins entre les cages des laminoirs et les fondations.

Le cylindre inférieur A repose, par ses deux tourillons, sur les coussinets de bronze *a* ajustés à pans dans le fond des cages, et n'ayant aucune joue. En dehors de ces tourillons, il forme une sorte de petite gorge, qui sert à l'enlever au besoin, à l'aide de colliers en fer. Il se termine d'un bout par une partie carrée, qui sert à l'assembler, à l'aide du manchon en fer *c*, avec l'axe intermédiaire E, qui est également en fer forgé, et qui se termine de même par un bout carré. Une petite rondelle en fer *d*, que l'on retient sur cet axe par une vis de pression, empêche le manchon de glisser, et le force à rester appuyé contre l'embase du cylindre. Quand on veut enlever celui-ci, il suffit de desserrer la vis de pression pour reculer la rondelle et le manchon sur l'axe E, qui n'est alors plus soutenu.

Le cylindre supérieur A', de mêmes dimensions que le premier, est aussi relié à un arbre intermédiaire en fer E', mais par un manchon dont la forme et la construction diffèrent essentiellement de celles du précédent. Ce manchon, au lieu de former une simple bague en fer, se compose de deux parties en fonte *e*, *e'*, dont l'une est calée sur le bout du cylindre, et l'autre, qui s'emmanche à griffe avec la première, est montée à l'extrémité de l'axe.

Les dents ou les griffes de ces deux parties de manchons sont taillées en plan incliné, comme le montrent l'élévation (fig. 1re) et le détail (fig. 5). Une rondelle en fer *f*, représentée de face (fig. 6) se place à l'intérieur, dans l'évidement du manchon et l'espace vide laissé entre l'extrémité du cylindre et celui de l'arbre qui le commande, comme le montre bien la section (fig. 8) qui représente le second laminoir dit polisseur, sur lequel on a exactement fait la même application. La rondelle porte quatre petits tourillons placés à angle droit et ajustés dans des viroles en fer *i*, extérieu-

rement carrées et logées dans des entailles ou mortaises *i'*, dont deux sont pratiquées à l'intérieur de la première partie *e*, et les deux autres dans la seconde partie *e'*.

Cette disposition a pour objet de permettre au cylindre A' de monter ou de descendre d'une certaine quantité, quoique l'arbre de commande E', auquel il doit rester relié, ne change pas de place. Une bague en fer, en deux pièces, s'ajuste sur le même arbre, derrière le manchon *e'*, et y est retenue par une seconde bague extérieure *d'*, que l'on fixe avec une vis de pression.

En desserrant cette vis, on peut reculer cette seconde bague, enlever la première, qui est en deux parties, et par suite débrayer le manchon.

Sur les tourillons du cylindre supérieur A' reposent les coussinets en bronze *a'*, dont la surface supérieure est droite et reçoit des platines en fer sur lesquelles s'appuie le bout des fortes vis verticales F, au moyen desquelles on règle l'écartement des cylindres, et par suite le degré de pression qu'ils doivent exercer sur la bande de métal à laminer. Ces vis traversent les écrous en bronze *h*, dont la forme extérieure est conique, afin de s'ajuster de bas en haut dans les renflements ménagés à la partie supérieure des deux cages de fonte B.

Quand le laminoir fonctionne, la pression considérable qui s'exerce entre les deux cylindres tend nécessairement à faire remonter les écrous, et, à cause de leur forme conique, ils restent en place; lorsque l'appareil ne fonctionne pas, ils sont seulement retenus par les petites vis à pointes *g*.

Comme il importe que les deux cylindres A A' soient parfaitement parallèles, quel que soit le degré de rapprochement ou d'écartement qui existe entre eux, il est utile de faire marcher les deux vis F toujours ensemble. A cet effet, on a rapporté sur leurs têtes les roues droites dentées *k*, qui sont exactement de même diamètre et qui engrènent toutes deux à la fois avec le pignon *l* placé entre elles, sur un bout d'axe vertical *m*, que l'on fait tourner facilement à la main, au moyen du croisillon à quatre branches et à poignée G. Les deux roues *k* ont chacune 84 dents et 8 millimètres de pas; le pignon *l* n'a que 42 dents; par conséquent, pour un tour entier que l'on fait faire au croisillon, les vis ne font qu'un demi-tour, et descendent par suite de 7 millimètres, en supposant que les filets aient 14 millimètres de pas. Mais, comme il faut souvent varier le degré de pression de moins d'un millimètre à la fois, on a rapporté au-dessus du pignon un petit disque en bronze *n*, qui est fixé sur la traverse en fer H par deux petites tiges *o'* (fig. 1re) et qui est divisé sur toute sa circonférence en 20 ou 25 parties égales, par exemple.

Comme l'axe *m* porte une aiguille ou index qui tourne avec lui, il est toujours facile de connaître exactement la quantité dont les vis sont descendues, suivant que l'on a fait tourner le croisillon G d'une ou plusieurs divisions.

Pour que les vis F puissent aussi bien servir à remonter le cylindre A′ qu'à le descendre, on les a réunies par la traverse en fer H, qui est renflée à son milieu pour recevoir le petit axe *m*, et qui se termine par des oreilles à chaque angle, pour y suspendre les tiges verticales *o*, lesquelles sont elles-mêmes reliées deux à deux à leur partie inférieure, par les traverses *p* (fig. 7). C'est au milieu de celles-ci que l'on adapte par articulation les espèces de colliers en fer *q*, qui s'engagent par un fragment de coussinet en bronze sous les gorges étroites ménagées à l'extérieur des tourillons du cylindre. Par conséquent, quand on détourne le croisillon G, afin de faire remonter les vis, celles-ci soulèvent naturellement avec elles tout le système de suspension, les colliers et le cylindre A′.

Pour maintenir les vis de pression F dans la position qu'on leur a donnée, on a ajouté à l'appareil une sorte de frein qui se compose de deux traverses latérales en fer I, lesquelles embrassent les collets ménagés sous la tête desdites vis, et les serrent au degré convenable, lorsqu'on fait tourner à la main l'écrou à deux branches *s* sur la tige filetée *r*; cette tige n'est pas droite dans toute sa longueur; elle est cintrée vers son milieu, en forme de cercle, pour livrer passage à la douille qui porte l'axe vertical *m*. Elle se termine, comme le montre la fig. 2, d'un bout par un écrou *r′*, et de l'autre par l'écrou à double poignée *s* ci-dessus mentionné, et auquel il suffit de faire faire quelques tours sur lui-même pour rapprocher les deux traverses, et par conséquent serrer le frein. En les détournant, au contraire, on desserre celui-ci et les vis deviennent libres.

On a disposé en avant des cylindres, pour faciliter l'introduction des bandes d'argent, une sorte de table *t*, qui est en acier trempé et repose sur un support ou guide en fer *u*, fixé lui-même au milieu de la traverse *v*, qui est boulonnée sur le côté des deux cages. Cette table, que l'on peut à volonté faire glisser à droite ou à gauche, a ses bords latéraux relevés, afin de guider la lame ou la bande métallique qu'elle dirige entre les cylindres. A la sortie de ces derniers sont également placées deux autres plaques d'acier *x*, portant chacune deux oreilles qui s'assemblent par articulation aux espèces de verrous à poignée *y*, dont les supports sont également fixés sur le côté extérieur des cages. Ces plaques, terminées en biseau, s'appuient constamment contre la surface des cylindres, au moyen de deux ressorts à boudin attachés à la bride inférieure *z* (fig. 2). Ces ressorts, en tendant à écarter les deux plaques, les obligent par cela même à rester appliquées sur les cylindres, quel que soit d'ailleurs leur écartement.

Quand il est nécessaire de nettoyer cette partie du mécanisme, ce qui a lieu assez souvent, on fait décrire un quart de cercle à chacun des verrous *y*, lesquels sont munis d'un petit ergot qui alors passe dans la rainure correspondante pratiquée à l'intérieur des oreilles formant le prolongement des plaques. Il en résulte que l'on peut aisément enlever ces dernières, puisqu'elles ne sont plus supportées; il suffit de faire l'opération inverse pour les remettre en place.

JEU DU LAMINOIR. — Il devient facile de bien comprendre maintenant la fonction d'un tel appareil, et, par suite, le travail qu'il est susceptible de faire. On a d'abord le soin de régler avec beaucoup d'exactitude l'écartement des deux cylindres, en faisant agir les deux vis de pression F à l'aide du croisillon G, et par l'intermédiaire des engrenages. Lorsque cet écartement est jugé convenable, on maintient les vis dans leur position, en serrant le frein; on embraye alors, pour que les cylindres se mettent en mouvement, et un ouvrier, placé sur le devant, introduit les bandes entre eux, en les plaçant successivement sur la table à rebords *t* qui les guide. Un autre ouvrier, placé sur le côté opposé, reçoit ces bandes au fur et à mesure qu'elles sortent des cylindres, et les repasse au premier, en dehors de la cage, afin de leur faire subir plusieurs passes successives, autant qu'on le juge nécessaire; mais, dès qu'une passe est faite, il faut avoir le soin de desserrer le frein, puis de faire tourner le croisillon G d'une certaine quantité, afin de rapprocher proportionnellement le cylindre supérieur du cylindre inférieur. On connaît toujours le degré d'avancement par l'index et les divisions du disque gradué *n*; dès que les vis et le cylindre sont descendus au point voulu, on resserre le frein à nouveau.

On opère ainsi de la même manière, pour chacune des six passes successives que l'on fait habituellement subir aux bandes d'argent destinées à la fabrication des pièces de 5 francs. Après la dernière passe, il est nécessaire, pour recommencer un nouveau laminage, de remonter entièrement le cylindre supérieur, ce que l'on fait en détournant rapidement le croisillon G, après avoir eu soin de desserrer le frein. On se rappelle que, lorsque les vis remontent, les colliers *q*, qui sont engagés sous les gorges du cylindre, entraînent celui-ci dans son mouvement ascensionnel.

Le diamètre des cylindres étant de $0^m 203$, leur circonférence est égale à $0^m 638$, et, comme leur vitesse moyenne est de 10 révolutions par minute, on voit que lorsqu'ils travaillent, le développement ou l'espace parcouru devient

$$0^m 638 \times 10 = 6^m 38,$$

soit, pour la vitesse par seconde,

$$\frac{6^m 38}{60} = 0^m 106$$

ce qui correspond à près de 3 pièces de 5 francs qui ont chacune 37 mill. de diamètre.

En Angleterre, les rouleaux des laminoirs dégrossisseurs ont au moins $0^m 90$ de circonférence, et leur vitesse de rotation est telle qu'ils produisent 30 à 35 mètres de lames par minute (1), c'est-à-dire qu'on marcherait cinq fois plus vite.

Comme les transmissions demouvement sont à peu près les mêmes pour le laminoir dégrossisseur que pour le finisseur ou polisseur proprement dit,

(1) *Dictionnaire des Arts et manufactures.*

nous en donnerons la description après avoir fait voir la construction particulière de ce second appareil.

LAMINOIR POLISSEUR, REPRÉSENTÉ FIG. 8 A 11, PL. 34.

Nous avons dit que le laminoir finisseur ou polisseur est destiné à terminer le laminage proprement dit des lames métalliques qui ont déjà été considérablement allongées et amincies par le dégrossisseur, afin d'arriver à l'exacte épaisseur voulue pour découper les flans.

Ce second laminoir ne diffère du précédent que parce que les cylindres sont d'une dimension plus petite, mais tournent à des vitesses plus grandes, et plus particulièrement encore par le mode de régler leur écartement, qui doit être, comme on le pense, déterminé avec la plus grande perfection.

Le mécanisme que le constructeur a cru devoir appliquer dans ce système, pour fixer le rapprochement des cylindres, se compose de deux coins ou plans inclinés que l'on manœuvre par des vis de rappel, et leur éloignement s'effectue par un système de tiges et de leviers à contre-poids.

Quant au banc de fonte sur lequel sont assis les laminoirs finisseurs, il est absolument semblable à celui qui reçoit les laminoirs dégrossisseurs, parce que l'on a cherché à conserver autant que possible la symétrie et le coup d'œil dans le montage et l'ensemble des appareils qui composent l'atelier de laminage.

La fig. 8 du dessin pl. 34 représente une coupe verticale faite par l'axe des cylindres, suivant la ligne 8-9;

La fig. 9 est une section horizontale faite à la hauteur des vis de rappel qui font marcher les coins, c'est-à-dire suivant la ligne 10-11;

La fig. 10 est une autre coupe verticale faite perpendiculairement à l'axe des cylindres, suivant la ligne 12-13;

Et enfin la fig. 11 est une dernière section faite parallèlement à la précédente, mais suivant la ligne 14-15, et suivant l'axe de l'une des vis de rappel.

On reconnaît par ces figures que les deux cylindres A A′ sont, comme dans le dégrossisseur, mobiles sur les moitiés de coussinets *a* et *a′* ajustés vers les parties inférieure et supérieure des fortes cages de fonte B, lesquelles sont également reliées entre elles par les quatre entretoises en fer *b*, et en outre solidement boulonnées sur le banc en fonte C. Le cylindre inférieur est assemblé à l'arbre de couche en fer E, qui le commande, par le manchon mince *c* que retient la bague à vis *d*, et de même le cylindre supérieur est assemblé avec le second arbre E′ qui est indépendant du premier, par un manchon double *e e′* qui est à griffe, avec cercle et goujons intérieurs, comme on l'a vu sur les détails fig. 5 et 6.

La partie supérieure des deux cages B ne recevant pas un mécanisme pareil à celui qui a été appliqué dans le dégrossisseur, est notablement modifiée dans sa forme et dans sa construction. Ainsi chacune de ces cages présente une sorte de renflement cylindrique, qui est alésé intérieurement pour recevoir les coins en fer qui, au lieu d'être prismatiques, sont au

contraire entièrement cylindriques, mais taillés dans la partie inférieure suivant un plan incliné, comme le montre bien la fig. 11, afin que lorsqu'on les fait marcher dans un sens, de gauche à droite, par exemple, ils forcent en s'appuyant sur les cales *k*, qui elles-mêmes reposent sur les platines *m*, les coussinets *a'* à descendre, et par suite le cylindre supérieur A' à se rapprocher du cylindre inférieur.

Pour que la pression soit simultanée sur les deux tourillons du cylindre, les deux vis de rappel *h* portent les petites roues droites *k'* qui, par une disposition analogue à celle indiquée précédemment, sont commandées à la fois par le pignon droit *l'*, dont l'axe porte un croisillon à deux branches G, que l'on manœuvre aisément à la main.

Le pignon a 39 dents et les roues en ont 78; par conséquent, pour un tour du croisillon, les vis de rappel *h* ne font qu'un demi-tour, et, comme le plan incliné des coins est très-allongé, on comprend que, si l'on ne fait mouvoir le croisillon que d'un quart, d'un cinquième ou d'un dixième de tour, on ne fera descendre le cylindre A' que d'une quantité imperceptible.

Les coins et les vis ne servent pas à faire remonter le cylindre, mais comme celui-ci repose par ses deux gorges extrêmes sur les traverses en fer *o*, qui d'un bout ont leur point d'appui contre le côté extérieur des cages et qui de l'autre s'assemblent par articulation avec les tiges verticales *p*, il est alors soulevé par les leviers *q*, auxquels s'adaptent ces tiges, et les contre-poids *r* suspendus à l'autre extrémité. Ainsi, dès que l'on détourne le croisillon G pour desserrer les vis de rappel *h*, le cylindre A' s'élève par l'effet des leviers et du contre-poids.

On sait toujours quelle est la quantité dont on a fait descendre le cylindre par la rotation des roues dentées et des vis de rappel, en jetant les yeux sur le cadran ou cercle gradué *n*, qui, comme dans l'appareil précédent, est fixé par deux petites tiges taraudées sur le côté de la cage et sur l'index ou l'aiguille adaptée au croisillon G. On conçoit que si on a seulement divisé ce cadran en dix ou en vingt parties égales, on varie de fort peu la position du cylindre pour un dixième ou un vingtième de tour du croisillon G.

Afin que la marche rectiligne des coins *j* ne tende pas à faire dévier les cales *k*, sur lesquelles s'appuie leur plan incliné, et pour que la pression se fasse exactement dans le plan vertical passant par l'axe, on a eu le soin d'ajuster ces cales sur des parties rondes en forme de demi-cylindres *m*, dont la surface de contact avec les coussinets *a'* est horizontale.

Quant à la disposition de la table qui sert de guide pour introduire les bandes entre les cylindres, elle est exactement la même que dans le laminoir dégrossisseur; pour la sortie on a également appliqué un conduit *x*, tout à fait analogue au précédent.

Nous n'avons pas besoin de décrire la fonction de ce laminoir, puisqu'il opère absolument de la même manière que le premier; nous devons seulement observer que lorsque l'on est près d'avoir l'épaisseur convenable, il est souvent utile, avant de faire les derniers passages, de découper sur

'une des bandes qui composent une même série de pièces, une rondelle u un flan du diamètre voulu, afin d'en vérifier le poids.

Comme il est essentiel d'arriver à une très-grande précision, surtout our les pièces d'or et d'argent, pour lesquelles on n'accorde qu'une très-aible tare, on comprend qu'on ne saurait trop apporter de précautions lans le règlement des cylindres pour les dernières passes, afin que toutes es bandes de la même série aient exactement l'épaisseur nécessaire.

TRANSMISSION DE MOUVEMENT.

Les laminoirs sont placés dans un même atelier, sur des lignes parallèles, et distants les uns des autres de 3^m 15, d'axe en axe. On se rappelle qu'ils sont mis en mouvement, ainsi que les autres appareils de l'établissement, par deux machines à vapeur accouplées, dont nous avons donné la description et les dessins dans le VIIe volume. L'arbre principal sur lequel se réunit l'action des deux moteurs, communique par une paire de roues d'angle à 45 degrés, de 1^m 18 de diamètre primitif, vers le milieu d'un long arbre de couche en fer forgé placé transversalement sous le sol des laminoirs, et occupant par suite toute la longueur de la salle. Cet arbre, qui près de la commande n'a pas moins de 0^m 14 de diamètre, est nécessairement composé de plusieurs parties réunies par des manchons à griffes, que l'on peut débrayer lorsqu'il est nécessaire.

Il se prolonge de chaque côté pour commander par plusieurs paires de roues d'angle les deux séries de laminoirs dégrossisseurs et finisseurs. Sa vitesse de rotation normale est de 48 tours par minute ; les pignons coniques qu'il porte ont 0^m 60 de diamètre et 32 dents, tandis que les roues avec lesquelles elles engrènent ont 1^m 20 et 64 dents, par conséquent les axes sur lesquels celles-ci sont montées, et qui sont exactement parallèles, ne font que 24 tours ; et comme ces axes sont beaucoup en contre-bas, au-dessous du sol, ils en commandent d'autres placés au-dessus, par des roues droites.

On sait que, dans chaque laminoir, les cylindres sont actionnés séparément, et marchent nécessairement en sens contraire. Pour les dégrossisseurs, voici comment on a disposé les communications du mouvement :

L'axe en fer S représenté sur la fig. 2, pl. 34, et dont le diamètre est de 0^m 12, porte une roue droite R, de 0^m 836 de diamètre et de 44 dents, laquelle engrène avec celle placée sur l'axe inférieur et parallèle, que nous n'avons pu indiquer sur le dessin, et qui, comme nous venons de le dire, fait 24 révolutions par minute. Cette roue a 1^m 004 de diamètre primitif, et porte 55 dents, par conséquent le rapport entre ces deux roues est de 44 à 55, et comme les vitesses sont en raison inverse des diamètres,

$$\text{on a} \quad 44 : 55 :: 24 : x$$

$$\text{d'où} \quad x = \frac{55 \times 24}{44} = 30$$

L'arbre de couche S fait donc moyennement 30 révolutions par minute.

Sur cet arbre se trouve le pignon droit V, de 19 dents et 0m 350 de diamètre, qui engrène avec un autre semblable V', de même diamètre, servant d'intermédiaire, pour faire tourner dans le sens convenable la grande roue droite V^2, montée alors sur l'axe E' (fig. 1re) qui commande le cylindre supérieur A'. Or cette dernière roue porte 57 dents et a 1m 05 de diamètre primitif, par conséquent le rapport qui existe entre elle et les pignons précédents est comme 3 à 1 ;

$$\text{soit} \quad 57 : 19 :: 30 : x$$

$$\text{d'où} \quad x = \frac{19 \times 30}{57} = 10$$

L'axe E' et son cylindre A' font donc 10 tours par 1', quand l'arbre de couche S en fait 30.

Mais du côté opposé à la cage du laminoir le constructeur a aussi disposé la commande d'une paire d'engrenages droits qui servent de même à transmettre au cylindre inférieur A, une vitesse égale et en sens contraire. Ainsi le même arbre S porte un pignon droit de 23 dents, qui n'a pu être figuré sur le dessin, et qui engrène directement avec une roue droite de 69 dents, rapportée sur le bout de l'axe inférieur en fer E ; le diamètre de celle-ci est de 1m 26, et celui du pignon est de 0m 42 ; d'où il résulte que la proportion entre ces deux engrenages est encore de 1 à 3, et par suite, la vitesse de rotation du cylindre A est exactement égale à celle du cylindre A', seulement leur marche est en sens inverse, comme le montrent les flèches (fig. 2).

Pour la commande des laminoirs finisseurs ou polisseurs, la combinaison est tout à fait analogue, seulement on a dû nécessairement modifier les rapports entre les dimensions des divers engrenages.

Ainsi l'arbre de couche inférieur, qui se trouve au-dessous de celui S', mais qui lui est parallèle, porte une première roue droite de même diamètre que dans la commande précédente, c'est-à-dire 1m 004, mais portant 70 dents au lieu de 55, et par conséquent d'une denture plus fine ; celle avec laquelle elle engrène, et qui est montée sur l'axe S' (fig. 10), a 57 dents, et par suite 0m 807 de diamètre primitif ; le rapport entre ces deux roues est donc

de 57 à 70

Et puisqu'on admet que la vitesse de rotation de l'arbre inférieur de commande est de 24 tours par 1', on a la proportion :

$$57 : 70 :: 24 : x$$

$$\text{d'où} \quad x = \frac{70 \times 24}{57} = 29,49$$

ou près de 29,5 révolutions.

Sur le même axe S′ sont aussi deux pignons droits, dont l'un U, apparent sur le dessin (fig. 10), engrène avec la roue droite U′, qui est montée sur le prolongement de l'axe en fer E, qui se relie au cylindre inférieur. Les diamètres de cette roue et de son pignon, sont respectivement de 1^m 066 et 0^m 533, c'est-à-dire que le premier est double du second, et les nombres de dents sont 78 et 39; la vitesse de rotation de l'axe E et par conséquent du cylindre inférieur A est donc moitié de celle de l'arbre S′,

$$\text{ou} \quad \frac{29,5}{2} = 14,75$$

soit près de 15 tours par minute.

Le second pignon, monté sur le même arbre, mais du côté opposé à la cage, engrène avec un autre de même dimension servant d'intermédiaire, afin de changer le sens de la rotation, et engrenant avec une roue droite rapportée sur le bout de l'axe supérieur E′ (fig. 8). Les pignons portent chacun 28 dents et ont 0^m 388 de diamètre primitif, la roue est exactement double et porte par conséquent 56 dents, sa vitesse est donc aussi moitié, soit de 14,75 révolutions par 1′.

Les deux cylindres A et A′, dans ce laminoir, font donc, comme nous l'avons dit précédemment, près de 15 tours par minute, c'est-à-dire que leur rotation est presque moitié plus grande que celle des cylindres du laminoir dégrossisseur, mais aussi leur diamètre n'est que de 0^m 165, tandis qu'on a vu que les autres n'ont pas moins de 0^m 203; de sorte que quand la vitesse à la circonférence de ceux-ci est de 0^m 338 par seconde, la vitesse à la circonférence des précédents est est de 0^m 389, dans le même temps ; par conséquent elle n'est pas de 1/6 plus grande.

Dans le IXe volume, nous donnerons la description des machines à cordonner et des presses continues à frapper la monnaie.

CONSTRUCTION DES MACHINES.

BALANCIERS-MOTEURS

EMPLOYÉS DANS LES APPAREILS A VAPEUR (1).

PROPORTIONS DES BALANCIERS,

Par M. ARMENGAUD aîné, Ingénieur à Paris.

(PLANCHE 35.)

Les balanciers (1), considérés comme simples organes de machines, sont employés comme agents de transmission de mouvement entre la puissance et la résistance. Ainsi, dans une machine à vapeur, le balancier sert d'intermédiaire entre le piston moteur, qui reçoit l'action de la vapeur, et la manivelle qui doit transmettre cette action à l'arbre de couche de commande. De même, dans une scierie, le balancier, que l'on faisait généralement en bois, servait à communiquer la force de la manivelle et de la bielle au châssis porte-scie.

Cet organe, qui a été si souvent appliqué, surtout dans les machines à vapeur, à basse pression, de Watt, ne permet pas, par cela même qu'il est à mouvement alternatif, de marcher à de grandes vitesses, soit qu'il oscille sur un axe placé à son milieu, comme dans la plupart de ces machines, soit qu'il se partage en deux bras inégaux, comme dans certaines souffle-

(1) Dans certaines industries, comme la bijouterie, l'orfévrerie, et d'autres fabrications qui s'occupent beaucoup d'articles dits de Paris, on appelle habituellement *balancier* un appareil composé d'une cage en fonte ou en fer, traversée par une vis à un ou plusieurs filets que l'on surmonte d'une verge ou d'une traverse en fer qui se termine à chaque bout par une lentille ou une boule plus ou moins pesante, afin de servir à découper divers objets dans des formes et des proportions données, ou bien d'écraser, de comprimer ou de mouler certaines pièces entre des matrices. Nous avons publié quelques modèles de ce genre d'appareils qui n'ont aucun rapport avec l'organe moteur qui fait le sujet du présent article.

En horlogerie, le *balancier* d'une pendule, d'une horloge, est la verge à lentille qui règle le mouvement du mécanisme.

On nomme aussi *balancier* le fabricant qui exécute les balances, les romaines, les poids et mesures, etc.

ries, soit encore qu'il n'ait aucun point fixe, comme dans les machines d'Oliver-Evans, de Gengembre, etc.

Il y aurait, en effet, danger à excéder, par exemple, des vitesses de 1m 50 à 1m 60 par seconde, à l'extrémité de chaque bras d'un balancier en fonte, qui doit transmettre un certain effort, à cause des secousses, des réactions continuelles que cet organe est susceptible d'éprouver. Aussi, qu'on le remarque bien, le célèbre Watt calculait toujours ses machines pour que la vitesse au point d'attache du piston, ou de la manivelle, ne dépassât guère 1m à 1m 20 au plus par seconde. Il en a été de même chez les constructeurs qui l'ont suivi; les machines de Woolff, qui sont encore en si grande réputation dans différentes contrées, sont également établies dans ces conditions. Dans les navires à vapeur, où l'on a souvent besoin d'une vitesse assez considérable, pour ne pas employer de communications intermédiaires, les balanciers qui ont été appliqués pendant bien des années, ne dépassent pas une telle vitesse. On n'aurait pas osé le faire, dans la crainte d'accidents graves, dont on a pu se convaincre d'ailleurs avec les scieries à débiter les bois.

Pour ces sortes de machines, la puissance employée n'est pas de plus de 3 à 4 chevaux; elle n'est souvent que de 1 à 2. Or, comme il y a un grand intérêt pour le fabricant à faire marcher les scies le plus rapidement possible, on a constamment cherché à en augmenter la vitesse; de telle sorte que si, dans l'origine, une scie donnait 75 à 80 coups par minute, comme cela a encore lieu dans quelques anciennes scieries, on est arrivé successivement à lui faire donner 150, 200, 250 et même 300 coups dans le même temps. Mais alors, il a fallu abandonner complétement l'application du balancier, parce que celui-ci, composé souvent de deux flasques en bois, bordées de fer, quoique ne transmettant pas de grands efforts, se brisait, dès qu'on voulait acquérir une vitesse supérieure à celle de deux mètres par seconde.

Aussi, actuellement on ne construit plus une seule scie à balancier, soit pour découper les bois en grume, soit pour débiter les planches ou les feuillets. On préfère de beaucoup adopter des dispositions à action directe, c'est-à-dire le châssis de la scie relié par la bielle à la manivelle motrice. Partout où l'on a besoin d'avoir de grandes vitesses, on évite de faire usage du balancier comme agent de transmission de la puissance à la résistance Les appareils de bateaux, comme du reste un grand nombre de machines à vapeur fixes, n'appliquent plus cet organe, qui d'ailleurs a l'inconvénient d'augmenter notablement le poids et le prix des machines (1).

(1) On a vu, en effet, d'après les divers systèmes que nous avons publiés, soit comme machines de terre, soit comme appareils de navigation, que le système à balancier, à égalité de force motrice, est toujours plus lourd, plus compliqué, et par suite plus dispendieux. Il y a douze ans à peine, lorsqu'on a construit les grands navires transatlantiques, on estimait que le poids des appareils, y compris les chaudières, était en moyenne de 1000 kilog. par force de cheval, tandi que, dans les appareils construits actuellement, c'est à peine si le poids est moitié, avec l'eau dans les chaudières.

Cependant, dans des établissements de premier ordre, qui tiennent à avoir des moteurs bien et solidement établis, non susceptibles de se déranger, et d'un mouvement bien régulier, n'exigeant, pour ainsi dire, presque pas d'entretien, on préfère encore les machines à balancier, et en particulier celles à moyenne pression, avec détente et condensation, surtout les machines dites à deux cylindres, comme celles que nous avons données avec détails dans le VII[e] volume.

On a, en effet, reconnu par expérience que ces appareils, lorsqu'ils ont été bien exécutés, bien montés, et qu'ils sont aussi bien entretenus, ne se dérangent pas, fonctionnent avec une régularité parfaite, et n'occasionnent pour ainsi dire jamais de chômage, ce qui est une grande considération pour des usines comme les filatures, les tissages mécaniques, les impressions de toiles peintes, les moulins à blé, qui ont besoin de mouvements constants et réguliers.

On a exécuté des balanciers en fonte, des balanciers en fer et en tôle, et des balanciers en bois ; mais en définitive on ne fait plus guère aujourd'hui que des balanciers en fonte à nervures, la plupart d'une seule pièce, quelquefois en deux flasques parallèles et reliées entre elles par des boulons, lorsqu'ils appartiennent à des machines très-puissantes.

Les balanciers en fonte ont l'inconvénient d'être beaucoup plus lourds, mais aussi lorsqu'ils sont convenablement nervés ils ne fléchissent pas, et ont l'avantage de présenter un coup d'œil agréable, monumental même, qui plaît à toutes les personnes les plus étrangères à la mécanique. Il n'en est pas de même des balanciers en fer ou en tôle, qui, exempts de nervures, n'offrent que des surfaces unies qui n'ont rien de beau, et qui, dans certains cas, pour des appareils puissants, deviendraient même tout à fait disgracieux. Ils sont d'ailleurs susceptibles de fléchir, ayant une certaine élasticité qui ne convient pas à ce genre d'organes. Aussi on ne les emploie que lorsqu'on veut des machines légères. Les balanciers en bois présentent les mêmes inconvénients au plus haut degré, et sont encore par cela même plus abandonnés. On ne les rencontre que dans les plus anciennes machines et quelques vieilles scieries.

Nous aurons donc à nous occuper tout spécialement, dans cet article, des balanciers en fonte, et surtout comme appliqués dans les machines à vapeur où ils jouent un rôle très-important, et où il importe, par conséquent, pour le constructeur, de savoir leur donner les proportions exactes qui leur conviennent pour recevoir, d'une part, l'action de la puissance, et la transmettre de l'autre à la résistance.

DESCRIPTION DU BALANCIER-TYPE, REPRÉSENTÉ FIG. 1, 2 ET 3, PL. 35.

En général, le balancier d'une machine à vapeur peut être considéré comme le fléau d'une balance, dont l'un des plateaux chargé serait le piston, et l'autre la manivelle ; les efforts exercés ou supportés par ces deux

organes sont égaux, en effet, quand les deux bras du balancier sont de même longueur.

Tel est le balancier B représenté vu de face sur la fig. 1re du dessin, pl. 35. Le point *o*, auquel nous supposons adaptés les liens du parallélogramme qui le relie, par articulation, au sommet de la tige du piston à vapeur, et le point *o'* auquel est alors suspendue la bielle qui, par sa partie inférieure, s'assemble avec la manivelle, sont à égale distance du centre O de l'axe en fer D, qui fait corps avec le balancier, et qui doit osciller, entraîné par celui-ci, sur ses deux tourillons.

La fig. 2 représente une section verticale et transversale faite par cet axe principal, suivant la ligne 1-2.

La fig. 3, un fragment de plan, vu en dessus, de la partie correspondante à celles du cylindre à vapeur et de la pompe à air.

Et la fig. 4 une section transversale faite sur la ligne verticale 3-4.

Ce modèle, que nous avons choisi pour type, et qui est généralement adopté par les mécaniciens, est tiré de la machine à vapeur à basse pression de Watt, d'une force de 20 chevaux, que l'on a souvent proposée comme système bien entendu dans ses proportions.

Toutefois nous devons observer que, comme actuellement on établit plutôt des machines à moyenne pression, avec des détentes plus ou moins considérables, que des machines à pression constante, sans expansion, nous avons dû tenir compte de cette condition particulière, en ce que le balancier doit être calculé, en effet, pour résister à la pression maximum qui a lieu sur le piston vers chaque extrémité de la course, et non pas sur une pression moyenne ou minimum.

Ainsi, les dimensions principales de la machine, pour produire une force effective de 20 chevaux, à l'arbre de la manivelle, en admettant que l'on marche à détente, sont réparties comme suit :

Diamètre du cylindre............	=	0m 562 (1)
Rayon de la manivelle...........	=	0m 500
Course du piston.........	=	1m 000
Sa vitesse moyenne par 1''......	=	1m 000
Surface dudit piston.............	=	0m. q. 2480c. q.

On admet, comme règle en pratique, que le travail utile à l'arbre de la manivelle est environ moitié du travail du piston, c'est-à-dire que pour

(1) Dans la machine à basse pression de Watt, de la force nominale de 20 chevaux, le diamètre intérieur du cylindre est de 0m 61, ce qui correspond à une section ou surface de piston de

$$\pi r^2 = 3,1416 \times 0,30,5^2 = 0^{mq}\,2922^{cq}$$

et alors la pression est constamment de 1k 15 à 1k 18 par centimètre quarré, ce qui donne

$$2922 \times 1^k,18 = 3448^k$$

pour la pression totale maximum.

obtenir une force réelle de 20 chevaux, ou de $20 \times 75 = 1500$ kilogrammètres sur cet arbre, il faut que la pression sur le piston soit double ou 3000 kilogrammètres, soit avec la vitesse de 1 mètre par 1″, une charge totale de 3000 kilog.

Ce dernier chiffre exprime la pression nécessaire sur le piston, en supposant que l'on marche à pleine vapeur pendant toute la course, comme cela a lieu dans les machines dites à basse pression ; mais si, comme nous devons l'admettre ici, on veut marcher avec expansion, par exemple avec une détente de 3/4, c'est-à-dire avec pleine pression pendant 1/4 de la course seulement, ce n'est pas de la vapeur à 1at.2 environ, mais bien à 3 atmosphères au moins, que l'on devra produire dans la chaudière pour envoyer dans le cylindre.

Dans ce cas, la pression initiale sur le piston n'est plus de 3000 kilog., mais bien de 7802 kilog. (soit 7800), dans laquelle est comprise la charge nécessaire pour vaincre la contre-pression qui, en moyenne, est, comme on sait, de 0k15 environ par centimètre quarré.

Nous avons déjà fait remarquer, en publiant la belle machine de Saint-Ouen (1er vol.), que la longueur des bras du balancier est égale à 3 fois le rayon de la manivelle ; par conséquent, si celui-ci a 0m500, chaque bras, du centre O à l'extrémité *o* ou *o'*, doit être de 1m50, ce qui donne pour la longueur totale de *o* à *o'*, exactement 3 mètres.

Le corps du balancier se compose d'un panneau *t*, qu'on nomme *toile*, renforcé d'une part, sur tout le contour extérieur, par une nervure *n*, qui l'encadre entièrement, et qui, légèrement arrondie en dehors, est garnie sur le côté intérieur d'un fort congé, ou d'une moulure plus ou moins compliquée selon le goût du constructeur ; il est en outre renforcé sur toute la longueur, et dans le milieu par une nervure méplate *n'*, plus mince, qui se raccorde avec celles formant moyeux ou manchons autour de chacun des axes dont le balancier est traversé.

L'arbre en fer D (1), qui le traverse en son centre, repose par ses deux extrémités formant tourillons sur les coussinets des deux paliers ou chaises de fonte, qui sont rapportés sur l'entablement ou les deux côtés de la grande corniche par laquelle la machine est reliée, comme on l'a vu le plus souvent, aux murailles de la chambre où elle est renfermée. Cette partie centrale du balancier forme un renflement ou moyeu assez épais et assez large pour résister à la pression qu'elle subit et au clavetage qui assure sa parfaite stabilité sur son arbre.

Les axes recevant les extrémités comme les milieux de chaque rayon ou de chaque bras du balancier, sont disposés à peu près de même, seulement une seule clavette suffit pour les fixer dans leurs moyeux, tandis qu'on en met plus souvent deux pour le premier.

(1) Dans certaines machines, particulièrement celles à basse pression, on a fait cet axe en fonte, mais nous conseillons d'adopter toujours le fer forgé, qui présente beaucoup plus de sécurité, et craint bien moins les effets des chocs, des réactions, que la fonte.

DIMENSIONS DES DIFFÉRENTES PARTIES DU BALANCIER.

Théorie de la résistance. — La disposition d'un balancier peut être comparée à celle d'un corps solide encastré, à section rectangulaire; la partie non encastrée, ou le bras de levier, est comptée à partir de l'axe central, et la charge est la pression totale exercée par la vapeur sur la surface du piston.

La formule d'équilibre correspondante qui a été indiquée par la théorie, et généralement adoptée par les praticiens les plus habiles est celle-ci :

$$\mathrm{P\,L} = \frac{\mathrm{R}\,a\,b^2}{6} \qquad [1]$$

dans laquelle

P, représente la charge ou la pression totale en kilogrammes,

L, la longueur de la partie non encastrée, ou le bras de levier,

R, le coefficient de résistance de la matière employée, et qui, pour la fonte, est égal à 700,

a, la largeur du corps encastré, dans le sens perpendiculaire à la direction de la force,

Et *b*, la hauteur dans le sens de cette direction.

Les données principales qui servent à déterminer les proportions du balancier d'une machine à vapeur, sont, d'une part, la pression totale sur le piston, et de l'autre, le rayon ou la longueur du bras ; on a alors à calculer la hauteur au milieu et l'épaisseur du panneau ou de la toile proprement dite.

Pour cela, on détermine *à priori*, l'une ou l'autre de ces deux dimensions, ou bien l'on se donne le rapport qui peut exister entre elles.

Ainsi, lorsqu'on suppose, comme cela a lieu assez généralement, que l'épaisseur *a* est connue, la formule [1] devient :

$$b^2 = \frac{6\,\mathrm{P\,L}}{\mathrm{R}\,a}$$

D'où l'on tire

$$b = \sqrt{\frac{6\,\mathrm{P\,L}}{\mathrm{R}\,a}} \qquad [2]$$

Si, au contraire, on se donne seulement le rapport *r*, entre les deux quantités *a* et *b*, on a

$$\frac{b}{r}\,b^2 = \frac{6\,\mathrm{P\,L}}{\mathrm{R}}$$

$$\text{D'où}\quad b^3 = \frac{6\,\mathrm{P\,L}}{\mathrm{R}} \qquad [3]$$

Charge ou pression P. — Dans les machines à basse pression de Watt où l'on marche à peu près sans détente pendant toute la course du piston, on admet une pression constante qui est habituellement, comme nous l'avons montré dans le 1er vol. de ce Recueil, de $1^{at.}$ 1/8 à $1^{at.}$ 1/4 au plus, cette pression, estimée en kilog. par centimètre quarré, revient à $1^{k}1$ à $1^{k}29$; et si l'on déduit la contre-pression résultant du défaut de vide parfait, laquelle peut être, comme on l'a vu, de $0^{k}15$ par centim. quarré,

on a 1^{k} à $1^{k}14$ pour la pression effective;

par conséquent, en multipliant l'une ou l'autre de ces quantités par la surface du piston, on connaît la charge totale P, à laquelle on pourrait ajouter le poids du piston, de sa tige, du parallélogramme; mais ces pièces sont presque équilibrées par le poids de la bielle et de la manivelle, qui sont appliquées à l'autre extrémité du balancier.

On a généralement adopté, pour ces machines, un rapport constant de 1 à 16 entre l'épaisseur de la toile du balancier et sa hauteur au milieu, la longueur de chaque bras étant d'ailleurs, comme nous l'avons dit, égale à 3 fois le rayon de la manivelle.

Actuellement les machines à vapeur sont presque toujours construites pour marcher avec une expansion plus ou moins considérable, la pression sur le piston n'est donc pas constante : pour déterminer la charge P, il faut nécessairement la calculer en multipliant la surface de ce piston, par la pression initiale de la vapeur qui arrive sur lui; par conséquent, si cette pression est de 4 atmosphères ou de $4^{k}132$ par centimètre quarré, c'est ce chiffre que l'on doit prendre comme multiplicateur et non la pression moyenne, qui, lorsqu'on marche à une grande détente, peut se trouver réduite à moins de 2 kilog. par centim. quarré.

Longueur L. — Nous avons dit que la longueur de chaque bras du balancier est généralement égale à 3 fois le rayon de la manivelle ou 1.5 fois la course du piston; cette proportion, adoptée par Watt, a été suivie par la plus grande partie des constructeurs pour les différents genres de machines à vapeur.

Dimensions *a* et *b*. — On a aussi adopté le plus souvent, pour le panneau ou la toile du balancier, le rapport constant de 1 à 16 entre l'épaisseur et la hauteur au milieu.

Ainsi, dans l'exemple précédent, si on admet ce rapport entre *a* et *b*, les données étant :

La charge P = 7.800 kilogrammes,
La longueur L = 1.500 ou 150 centimètres,
Le coefficient R = 700, adopté pour la fonte,

On a :

$$b^3 = \frac{6 \times 7.800 \times 150 \times 16}{700} = 0.137 \times 7.80 \times 150,$$

$$\text{ou } b = \sqrt[3]{0.137 \times 7.800 \times 150} = 54^c3,$$

soit 0^m543 pour la hauteur totale au milieu.

Par suite, l'épaisseur a du panneau ou de la toile devient

$$a = \frac{54^c3}{16} = 3^c39,$$

soit 0^m034.

On voit qu'en conservant le rapport 1 à 16, la formule précédente [3] se réduit à

$$b = \sqrt[3]{0,137\ \mathrm{P\,L}} \qquad [4]$$

Mais on ne peut pas toujours adopter, surtout pour les fortes machines à grande détente, le rapport 1/16, parce qu'on serait quelquefois entraîné à des hauteurs trop considérables proportionnellement à la longueur des balanciers; on est dans l'obligation de l'augmenter ou de le diminuer, afin d'arriver à des proportions qui ne choquent pas la vue.

Pour cela il est utile que la proportion entre la hauteur b et la demi-longueur L du balancier ne dépasse pas 0,35 à 0,25 environ, soit approximativement le 1/3 au 1/4. Nous admettons donc qu'on fasse le rapport r, selon les besoins, tantôt égal à 1/12, tantôt à 1/16 et tantôt à 1/20. Pour les premier et dernier cas, la formule [3] sera alors :

$$b = \sqrt[3]{0,103\ \mathrm{P\,L}} \qquad (r = 12)$$

$$\text{et } b = \sqrt[3]{0,171\ \mathrm{P\,L}} \qquad (r = 20)$$

C'est ainsi que nous avons calculé les tables suivantes, qui donnent la section au milieu, ou la hauteur et l'épaisseur des balanciers en fonte, pour des pressions ou des charges P, variant depuis 1000 jusqu'à 20000 kilogrammes, et des bras ou des rayons de 1 mètre ou 100 centim. à 3 mètres ou 300 centimètres de longueur.

TABLES

RELATIVES AUX PRINCIPALES DIMENSIONS DES BALANCIERS EN FONTE POUR DES PRESSIONS ET DES BRAS VARIABLES.

PREMIÈRE TABLE CALCULÉE AVEC LE RAPPORT $\frac{a}{b}$ OU $r = 1/12$ OU $a = \frac{b}{12}$

P PRESSION en kilog.	SECTIONS DES BALANCIERS LE RAYON OU LA DEMI-LONGUEUR L ETANT EN CENTIMÈTRES DE :											
	100 cent.		125 cent.		150 cent.		200 cent.		250 cent.		300 cent.	
	b Hauteur en millim.	*a* Épaisseur en millim.	*b* Hauteur en millim.	*a* Épaisseur en millim.	*b* Hauteur en millim.	*a* Épaisseur en millim.	*b* Hauteur en millim.	*a* Épaisseur en millim.	*b* Hauteur en millim.	*a* Épaisseur en millim.	*b* Hauteur en millim.	*a* Épaisseur en millim.
1000	218	18	235	20	249	21	274	23	293	25	314	6
1100	224	19	242	20	257	21	283	24	303	25	323	27
1200	231	19	249	21	265	22	291	24	314	26	332	28
1300	238	20	256	21	272	23	299	25	325	27	341	28
1400	244	20	262	22	279	23	306	26	330	28	350	28
1500	249	21	268	22	285	24	313	26	338	28	359	29
1600	255	21	274	23	291	24	321	27	345	29	367	31
1700	260	22	280	23	297	25	327	28	352	29	374	31
1800	265	22	285	24	303	25	333	28	359	30	384	32
1900	270	23	290	24	308	26	339	28	368	31	388	32
2000	274	23	295	25	314	26	345	29	372	31	393	33
2200	283	24	305	25	324	27	357	29	384	32	408	34
2400	291	24	314	26	333	28	367	30	391	33	420	35
2600	»	»	322	27	342	29	377	32	406	34	431	36
2800	»	»	331	28	351	29	386	32	416	35	442	37
3000	»	»	»	»	359	29	395	33	426	36	453	37
3500	»	»	»	»	378	32	416	35	448	37	477	39
4000	»	»	»	»	395	33	4 5	36	469	39	496	41
4500	»	»	»	»	411	34	453	38	487	41	515	41
5000	»	»	»	»	426	36	469	38	505	41	524	43
5500	»	»	»	»	439	36	480	40	521	43	542	45
6000	»	»	»	»	»	»	498	41	537	45	560	46
6500	»	»	»	»	»	»	512	42	551	46	570	47
7000	»	»	»	»	»	»	524	44	565	47	587	48
7500	»	»	»	»	»	»	537	45	578	48	604	51
8000	»	»	»	»	»	»	548	46	591	49	621	51
8500	»	»	»	»	»	»	559	46	601	51	637	53
9000	»	»	»	»	»	»	570	48	623	52	653	54
9500	»	»	»	»	»	»	588	49	634	53	665	54
10000	»	»	»	»	»	»	591	49	636	53	676	55
11000	»	»	»	»	»	»	610	50	657	55	698	58
12000	»	»	»	»	»	»	628	52	676	55	717	59
13000	»	»	»	»	»	»	646	54	694	58	736	61
14000	»	»	»	»	»	»	661	55	712	58	755	62
15000	»	»	»	»	»	»	676	56	728	61	773	65
16000	»	»	»	»	»	»	691	58	744	62	791	66
17000	»	»	»	»	»	»	»	»	759	63	817	67
18000	»	»	»	»	»	»	»	»	774	65	832	69
19000	»	»	»	»	»	»	»	»	793	66	847	71
20000	»	»	»	»	»	»	»	»	802	67	852	71

DEUXIÈME TABLE CALCULÉE AVEC LE RAPPORT $\frac{a}{b} = \frac{1}{16}$ OU $a = \frac{b}{16}$

P	SECTIONS DES BALANCIERS LE RAYON OU LA DEMI-LONGUEUR L ÉTANT EN CENTIMÈTRES DE :											
PRESSION en kilog.	100 cent.		125 cent.		150 cent.		200 cent.		250 cent.		300 cent.	
	b Hauteur en millim.	*a* Épaisseur en millim.	*b* Hauteur en millim.	*a* Épaisseur en millim.	*b* Hauteur en millim.	*a* Épaisseur en millim.	*b* Hauteur en millim.	*a* Épaisseur en millim.	*b* Hauteur en millim.	*a* Épaisseur en millim.	*b* Hauteur en millim.	*a* Épaisseur en millim.
1000	239	15	258	16	274	17	302	19	325	20	345	22
1100	247	15	264	16	282	17	311	19	335	21	355	22
1200	254	15	270	17	290	18	320	20	345	22	365	23
1300	262	16	275	17	298	19	329	20	354	22	375	23
1400	268	16	280	17	306	19	337	21	363	23	385	24
1500	274	17	295	18	314	19	345	22	372	23	395	25
1600	280	17	301	19	322	20	352	22	380	24	403	25
1700	286	17	307	19	330	21	359	22	388	24	411	26
1800	291	18	313	19	337	21	366	23	395	25	419	26
1900	296	19	319	20	344	22	373	23	402	25	427	27
2000	302	19	325	20	351	22	380	24	409	25	435	27
2200	311	19	334	21	362	23	392	25	422	26	449	28
2400	321	20	343	21	371	23	403	25	434	27	462	29
2600	»	»	352	22	379	23	414	26	446	27	474	29
2800	»	»	360	22	387	24	425	26	457	28	486	30
3000	»	»	394	23	395	25	435	27	468	29	498	31
3500	»	»	410	24	416	26	458	28	493	30	524	32
4000	»	»	421	25	434	27	476	29	513	31	545	33
4500	»	»	436	26	452	28	494	30	533	32	567	34
5000	»	»	441	27	478	29	512	31	552	33	588	36
5500	»	»	455	28	484	29	530	32	571	35	608	37
6000	»	»	468	29	498	30	548	33	590	36	627	39
6500	»	»	»	»	517	31	569	34	612	38	651	40
7000	»	»	»	»	536	32	590	35	634	39	675	41
8000	»	»	»	»	554	34	610	37	656	40	698	43
9000	»	»	»	»	572	35	630	38	678	42	721	45
10000	»	»	»	»	590	37	650	39	700	43	744	46
11000	»	»	»		»	»	669	41	722	45	767	47
12000	»	»	»	»	»	»	688	42	742	46	788	48
13000	»	»	»	»	»	»	706	43	762	47	809	49
14000	»	»	»	»	»	»	724	44	781	48	830	50
15000	»	»	»	»	»	»	742	45	790	49	850	52
16000	»	»	»	»	»	»	760	46	819	50	870	53
17000	»	»	»	»	»	»	775	47	835	51	895	55
18000	»	»	»	»	»	»	790	49	851	52	919	56
19000	»	»	»	»	»	»	804	50	867	53	943	58
20000	»	»	»	»	»	»	»	»	882	54	967	59

TROISIÈME TABLE CALCULÉE AVEC LE RAPPORT $\frac{a}{b} = \frac{1}{20}$ OU $a = \frac{b}{20}$

P PRESSION en kilog.	SECTIONS DES BALANCIERS — LE RAYON OU LA DEMI-LONGUEUR L ÉTANT EN CENTIMÈTRES DE : 100 cent.		125 cent.		150 cent.		200 cent.		250 cent.		300 cent.	
	b Hauteur en millim.	a Épaisseur en millim.	b Hauteur en millim.	a Épaisseur en millim.	b Hauteur en millim.	a Épaisseur en millim.	b Hauteur en millim.	a Épaisseur en millim.	b Hauteur en millim.	a Épaisseur en millim.	b Hauteur en millim.	a Épaisseur en millim.
1000	258	13	278	14	295	15	325	16	350	17	372	18
1200	270	13	290	14	306	15	337	17	363	18	386	19
1300	280	14	300	15	317	16	352	17	376	19	401	20
1400	288	15	309	15	327	16	362	18	389	19	413	21
1500	295	15	318	16	336	17	372	19	401	20	425	21
1600	302	15	326	16	345	17	380	19	410	20	436	22
1700	308	16	333	17	353	18	388	20	418	21	445	22
1800	314	16	339	17	359	18	396	20	426	21	453	23
1900	320	16	344	17	366	18	403	20	434	22	461	23
2000	325	17	349	18	372	19	410	21	442	22	469	23
2200	337	17	370	18	384	19	424	21	462	23	483	24
2400	347	17	388	19	395	20	437	22	481	24	495	25
2600	356	18	401	20	405	20	449	22	499	25	509	25
2800	365	18	418	21	415	21	460	23	515	26	522	26
3000	372	19	434	22	425	21	469	23	530	26	535	27
3500	»	»	446	22	448	22	493	24	550	27	563	28
4000	»	»	455	23	469	23	511	25	568	28	587	30
4500	»	»	464	23	487	24	535	26	583	29	609	30
5000	»	»	473	24	503	25	556	27	597	30	629	31
5500	»	»	»	»	519	26	578	28	615	31	650	32
6000	»	»	»	»	535	27	590	29	632	31	670	33
6500	»	»	»	»	»	»	605	30	649	32	689	34
7000	»	»	»	»	»	»	621	31	666	33	708	35
7500	»	»	»	»	»	»	635	32	683	34	726	36
8000	»	»	»	»	»	»	650	32	700	35	745	37
8500	»	»	»	»	»	»	660	33	715	36	760	38
9000	»	»	»	»	»	»	670	33	729	36	774	39
9500	»	»	»	»	»	»	685	34	742	37	787	39
10000	»	»	»	»	»	»	700	35	754	38	800	40
11000	»	»	»	»	»	»	720	36	778	39	825	41
12000	»	»	»	»	»	»	745	37	801	40	850	42
13000	»	»	»	»	»	»	760	38	823	41	873	43
14000	»	»	»	»	»	»	780	39	844	42	895	44
15000	»	»	»	»	»	»	800	40	868	43	915	45
16000	»	»	»	»	»	»	»	»	877	44	935	46
17000	»	»	»	»	»	»	»	»	886	44	954	47
18000	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	972	48
19000	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	989	49
20000	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1006	50

Nervures n **et** n'. — Il y a des constructeurs qui tiennent compte, dans leurs calculs, des nervures n et n', parce qu'elles augmentent notablement, en effet, la force de résistance du balancier; d'autres préfèrent les ajouter aux dimensions trouvées pour le panneau, afin d'avoir une sécurité complète sans jamais craindre d'accident.

L'épaisseur a' de ces nervures est généralement égale à celle a du panneau, moins la dépouille, et leur largeur b' est à peu près le cinquième de la hauteur totale,

$$\text{soit donc } a = a' \qquad [5]$$

$$\text{et } b' = \frac{b}{5} = 0.2\,b \qquad [6]$$

Par conséquent, dans le modèle choisi, b étant 54^c3, et $a' = 3^c4$, on a

$$b' = \frac{54^c3}{5} = 10^c8$$

$$\text{et } a' = 3^c4.$$

Arbre du balancier. — D'après la disposition ordinaire des bâtis ou entablements qui supportent les balanciers, la longueur l de l'arbre central du balancier, compris entre le milieu des tourillons, est à peu près égale à une fois et demie la hauteur b,

$$\text{ainsi } l = 1.5\,b. \qquad [7]$$

Pour le diamètre D, au milieu du corps de cet arbre, on peut le calculer selon la règle relative aux solides chargés au milieu de leur point d'appui, laquelle est exprimée par la formule suivante (1) :

$$D = \sqrt[3]{\frac{P'\,b}{140}} \qquad [8]$$

P' étant la charge totale en kilogrammes,

b la longueur de la portée en centimètres,

et 140 le coefficient adopté pour le fer forgé, modifié pour ce cas particulier.

Nous supposons que le poids P' est égal à la charge totale P sur le piston, augmentée du poids de l'équipage que l'on peut approximativement évaluer au 1/10 ou au 1/12 de P; et en outre que la saillie en dehors du moyeu est à peu près moitié de la hauteur b, ce qui donne alors b pour la portée totale sans la longueur du moyeu.

Par conséquent on a, en faisant $P' = 8000^k$,

(1) Voir l'Aide-Mémoire de M. Morin, p. 366 (4e édition).

$$D = \sqrt[3]{\frac{8000 \times 54.3}{140}} = 14^c6, \qquad [8\ bis]$$

$$\text{soit } D = 0^m146.$$

Le diamètre diminue en cône d'environ 1/10, depuis les bords du moyeu jusqu'aux tourillons, comme le montre la fig. 2; de sorte que l'on aurait à ses extrémités

$$D' = 0.146 - \frac{0.146}{10} = 0^m31 \text{ environ.}$$

Selon l'ingénieur anglais M. Farey, le diamètre du corps de l'arbre serait seulement de 0^m128; mais on sait que les proportions admises par cet ingénieur ne s'appliquent qu'aux machines à basse pression, c'est-à-dire marchant à des pressions constantes, tandis que nous supposons au contraire que nos données sont relatives aux machines à détente, dont les pressions sont très-variables et dans lesquelles on a, par suite, à craindre beaucoup plus les secousses, les chocs ou les effets de réactions.

Le diamètre d de chacun des tourillons de l'arbre est approximativement égal aux 8/10 de celui du corps au milieu, ce qui donne

$$d = 0.8\,D, \qquad [9]$$

soit alors pour l'exemple précédent

$$d = 0.8 \times 146 = 11^c68$$

$$\text{ou } d = 0^m117.$$

La portée ou la longueur de ces tourillons est comprise, en général, entre 1.10 et 1.20 du diamètre, soit en moyenne

$$l' = 1.15\,d. \qquad [10]$$

Par conséquent on aurait ici

$$l' = 1{,}15 \times 0.117 = 13^c45 \text{ ou } 0^m135.$$

Moyeu du balancier. — La largeur M ou la partie du moyeu du balancier reposant sur son arbre doit être assez grande pour lui assurer une stabilité certaine, afin de le maintenir constamment dans son plan vertical, et sans qu'il soit fatigué par le serrage des clavettes. On la comprend, le plus ordinairement, entre les 4/10 et les 5/10 de la hauteur b, soit moyennement

$$M = 0.45\,b, \qquad [11]$$

$$\text{d'où } M = 0{,}45 \times 54^c3 = 24^c43 \text{ ou } 0^m244.$$

Son épaisseur minimum E (fig. 2), inclinée vers les bords extrêmes, doit être les 9/100 de la hauteur b ou

$$E = 0.09\ b. \qquad [12]$$

On aurait donc

$$E = 0.09 \times 54.3 = 4^{c}887 = 0^{m}049.$$

Le moyeu se raccorde, en outre, avec le panneau, par une moulure ou un congé qui en augmente encore la force.

TABLEAU GRAPHIQUE, FIG. A ET B.

Comme dans la construction des organes précédemment décrits dans ce volume, nous avons cherché à réunir sur un tableau graphique les proportions des diverses parties des balanciers et de leurs arbres ; quoique exécuté sur une échelle réduite, on verra qu'il donne cependant les dimensions avec assez d'exactitude pour la pratique, à plus forte raison si on l'établissait sur une échelle plus grande. Ce tableau a l'avantage de s'appliquer d'une manière générale à la solution du problème concernant la résistance des corps solides encastrés.

La fig. A, qui comprend le rectangle E C D I, sert à la détermination des différentes hauteurs et épaisseurs des balanciers, ou des leviers en fonte, qui sont susceptibles d'agir de la même façon.

Sur l'horizontale inférieure de E en C nous avons représenté les charges ou pressions F en tonneaux ou milliers de kilog. Les divisions sont égales et concourent par des lignes obliques au point F, sur la verticale de C en D, car les rapports successifs entre l'épaisseur a et la hauteur b, variant par exemple, de 1 à 20, de 1 à 18, de 1 à 16, etc. ; les lignes angulaires partant des points de division et concourant au sommet E, correspondent ainsi à ces rapports pour tous les poids donnés.

Les horizontales, tracées à égale distance, de E en F, indiquent les longueurs des leviers ou des balanciers en centimètres de 20 à 300 cent., ou de $0^{m}20$ à 3 mètres.

Enfin la courbe C i I est le lieu géométrique de tous les points correspondants à la hauteur cherchée b, pour tous les cas qui peuvent se présenter ; elle a été déterminée par la formule générale [3]. Les valeurs de b se lisent sur la ligne horizontale D I divisée en centimètres.

Pour apprendre à se servir d'un tel tableau, supposons que l'on ait à chercher la hauteur b du balancier type, dans les conditions désignées plus haut, la 1/2 longueur L étant de $1^{m}50$.

On tire d'abord l'horizontale ef, qui, comprise entre les deux lignes passant aux points 140 et 160 sur la verticale E F, correspond à la longueur donnée 150 cent. ou $1^{m}50$, rayon ou bras du balancier ; on suit cette droite jusqu'à l'oblique F c, qui passerait par le point inférieur c, pour le poids 7800 kilog. ; puis, du point de rencontre f, on descend la verticale fg, qui s'arrête à l'oblique E-16, laquelle exprime le rapport 1 à 16.

Enfin, du point g, on mène l'horizontale $g\ h$, qui coupe en i la courbe

C I. La portion de cette droite, comprise entre ce point *i* et le côté C D, est la hauteur cherchée *b*, hauteur qu'on lit sur la ligne supérieure D I, en élevant la verticale *i i'*. Il est aisé de voir que cette valeur est approximativement égale à 54^c3, comme celle calculée précédemment, car elle est inférieure à 55, et dépasserait un peu la division qui serait faite au chiffre 54, si on avait exécuté le tableau sur une grande échelle.

Le tracé A B I E (fig. B) est spécialement relatif aux dimensions de l'arbre du balancier, de son moyeu et des nervures.

Le côté vertical B A montre les valeurs *b* de 0 à 100 centimètres ; de ces divisions on a tiré des obliques au point G, pour les représenter également.

L'échelle inférieure G B indique les charges ou pressions P' de 0 à 25000 kilogrammes.

La courbe parabolique B *k* H est tracée d'après la formule [8], en admettant que les diamètres soient indiqués sur l'échelle supérieure A H en centimètres.

Ainsi, pour trouver le diamètre du corps de l'arbre, la hauteur *b* étant environ 54 cent. et la pression P' = 8000 kilog., il suffit de tirer la verticale 8 *j*, du point inférieur 8, correspondant à cette charge, et de la suivre jusqu'à l'oblique G *m* passant à la division 54 de l'échelle B A ; puis, de ce point d'intersection *j*, on mène l'horizontale *j l*, dont la portion *l k*, comprise entre la verticale B A et la courbe B H donne le diamètre cherché, lequel peut se lire sur la ligne supérieure A I, où l'on verrait à peu près 14 cent. 6, comme dans le calcul ci-dessus.

Si du point *m*, correspondant à la division 54, on trace l'horizontale *m q*, ses intersections avec les obliques B M', B *b'* et B E', tirées de B, jusqu'à la ligne A I et correspondantes aux dimensions M, *b'* et E, du milieu du balancier (fig. 2), on a successivement les valeurs

$$m\,q = 24^c4 \text{ pour M,}$$
$$m\,p = 10^c8 \text{ pour } b',$$
$$\text{et } m\,o = \ \ 4\ 9 \text{ pour E,}$$

c'est-à-dire des quantités égales à celles trouvées précédemment.

Nous ne saurions trop insister sur l'application de ces tableaux graphiques, que nous voudrions voir employés dans tous les calculs de machines, afin d'opérer avec une grande célérité, en déterminant toutes les dimensions essentielles des organes, lesquelles dépendent, comme on l'a vu, de plusieurs conditions, et par cela même exigent des opérations longues et pénibles, qui non-seulement font perdre beaucoup de temps, mais encore sont susceptibles d'erreurs plus ou moins graves. Comme nous l'avons dit, en exécutant de tels diagrammes sur une échelle assez large, on peut arriver à un degré d'exactitude qui est très-suffisant pour la pratique.

DIMENSIONS DES PARTIES EXTRÊMES DU BALANCIER.

Il nous reste à fixer, pour compléter tout ce qui est relatif aux balanciers, les proportions des axes qui reçoivent la bielle motrice, les tiges du piston à vapeur et de ceux des pompes à air et alimentaires, comme les dimensions des parties qui sont traversées par ces axes.

AXES EXTRÊMES. — Observons d'abord que pour déterminer le diamètre des tourillons de l'axe o' (fig. 1re), auquel doit se suspendre la bielle, nous en avons exposé la règle, en traitant des bielles en fonte (voir page 327). On se rappelle que la formule pratique adoptée à cet effet est celle-ci :

$$d' = 0.8\, d, \qquad [13]$$

d étant le diamètre du bouton de la manivelle.

Dans l'exemple pris pour modèle, d étant égal à $0^{m}100$, on trouve que $d' = 0.08$ ou 80 millimètres.

Quant au diamètre du corps même de l'arbre il est habituellement exprimé par

$$d^{2} = 1.25\, d'. \qquad [14]$$

On aurait alors, dans le cas actuel,

$$d^{2} = 0.100.$$

Il en est évidemment de même de celui o (fig. 1 et 3), qui doit porter la tige du piston à vapeur. Les dimensions se rapportent exactement avec celles du précédent, puisqu'il transmet les mêmes efforts.

AXES DES POMPES. — Les tourillons des axes en fer q et q' (fig. 1re), qui sont destinés à porter l'un la tige du piston de la pompe à air, l'autre celle du piston de la pompe à eau froide et quelquefois aussi celle du piston de la pompe alimentaire, se déterminent d'une manière analogue en cherchant la charge que chacun d'eux doit supporter, et qui, pour le premier, est à peu près égale à la pression atmosphérique, ou $1^{k}033$ par centimètre carré, multipliée par la surface du piston de la pompe à air.

BOUTS DU BALANCIER. — Le balancier se termine généralement, à chaque extrémité, par une partie arrondie qui forme le moyeu de chacun des axes o et o'. Le diamètre du milieu de ces parties extrêmes est environ les 2/5 de la hauteur b.

$$\text{Soit } D' = 0.4 \times b, \qquad [15]$$

d'où l'on tire, quand $b = 0^{m}543$,

$$D' = 0.4 \times 0^{m}543 = 0^{m}217.$$

La longueur M′ ou la portée de ces moyeux est à très-peu près égale à 1.6 la largeur b' des nervures n, ou

$$M' = 1.6 \times b'; \qquad [16]$$

par conséquent, lorsque $b' = 0^m108$

$$\text{on a } M' = 1.6 \times 0^m108 = 0^m174.$$

Pour les moyeux qui doivent entourer les axes q et q', on pourrait en fixer les dimensions, comme on l'a fait pour celui de l'arbre principal.

TRACÉ GÉOMÉTRIQUE DU BALANCIER ET DU PARALLÉLOGRAMME.

COURBE DU BALANCIER. — Rigoureusement, la courbe qui termine le contour supérieur et le contour inférieur du balancier doit être une parabole ou courbe d'égale résistance, comme celle qu'il convient de donner aux solides encastrés ; mais, à cause de sa forme très-allongée et de ses extrémités arrondies, on se contente, le plus souvent dans la pratique, de les tracer soit par des arcs de cercle, soit par des points de la manière suivante :

Après avoir tiré de l'un des points qui limitent la hauteur b du centre du balancier, du point E′, par exemple, une tangente E′ c au cercle du moyeu extrême, décrit du centre o, on a le point de contact c, par lequel on trace une perpendiculaire à la ligne milieu oOo' ; on mène du même point E′ une parallèle E′ c' à cette ligne oOo', et on la divise en un certain nombre de parties égales, puis, des points de division 1, 2, 3, 4, 5, on tire des parallèles à $c c'$; on partage de même la différence $c c'$ en autant de parties égales, et des points 1′, 2′, 3′, 4′ et 5′, on mène les obliques qui concourent toutes au sommet E′ ; les points de rencontre de ces dernières avec les verticales correspondantes donnent la courbe cherchée cE′, que l'on reproduit en dessus, comme à la droite du balancier.

Cette courbe a le mérite d'être gracieuse et de satisfaire autant que possible le coup d'œil pour le plus grand nombre de cas qui se présentent dans la pratique ; elle a en outre l'avantage de se tracer, comme on vient de le voir, avec une grande facilité, ce qui est recherché dans les ateliers de construction.

PARALLÉLOGRAMME. — On a pu voir, dans les diverses machines que nous avons publiées, et en particulier celle de Saint-Ouen (tome I[er]), les dispositions du mécanisme dit *parallélogramme*, qui est appliqué au balancier pour conduire, dans les directions rectilignes et verticales, la tige du piston à vapeur et celle du piston de la pompe à air. Rappelons en peu de mots l'opération à effectuer pour tracer ce parallélogramme et placer convenablement les points détachés des deux tiges.

On mène d'abord, parallèlement à la ligne milieu oOo', la droite J J′, à une distance égale au rayon même de la manivelle, soit à la demi-course

du piston ; du centre O, on décrit, avec la longueur du bras O *o*, pris pour rayon, l'arc de cercle *o* G, qui coupe l'horizontale J J′ au point G, que l'on joint à O par l'oblique G O, laquelle indique la position du balancier à l'une des extrémités de la course.

On décrit de même l'arc de cercle *q* H, du même centre O, avec la longueur O *q*, égale à la moitié du bras ; cet arc s'arrête à l'oblique G O. Alors, des points G et H, on tire les cordes G *g′*, H *h′* perpendiculaire à *o o′*, puis on divise chacune des flèches *o g′* et *q h′* en deux parties égales, par les verticales I J et *i j* pour avoir les lignes d'axes du cylindre à vapeur et de la pompe à air.

La droite inclinée *o* J, et celle *q j* qui lui est parallèle, représentent les deux liens mobiles du parallélogramme, dans la position même qu'ils occupent lorsque le balancier est horizontal et par conséquent au milieu de sa course. On sait que la tige du piston à vapeur s'applique au point J, extrémité du lien *o* J, et celle du piston à air au point *j′*, milieu du lien *q j*, et situé sur la droite G O, qui est le lieu géométrique de tous les points satisfaisant à la condition de marcher en ligne verticale, pendant la course du piston, lorsqu'ils sont reliés au parallélogramme.

MODIFICATIONS APPORTÉES DANS LA CONSTRUCTION DU BALANCIER.

Quoique le balancier que nous avons choisi comme type est le plus généralement employé dans la construction des machines à vapeur dites *à balancier*, on en exécute cependant avec des modifications assez notables pour que nous devions les faire connaître, ne serait-ce qu'afin d'en bien montrer l'objet.

Ainsi on établit, pour des machines de grande puissance, commes celles à simple effet de Cornouailles (1), des balanciers doubles, c'est-à-dire à deux flasques semblables et parallèles, montées sur le même axe, parce qu'on aurait souvent de la difficulté à les faire d'une seule et même pièce, à cause de leurs énormes dimensions.

Tel est celui représenté sur les fig. 5, 6 et 7, pl. 35.

Balancier a deux flasques. — La fig. 5 est une section verticale faite au milieu de la longueur sur l'axe principal H.

La fig. 6 est une vue de face extérieure de l'une des extrémités.

La fig. 7, une section horizontale et un fragment de plan, vu en dessus de cette extrémité, montrant, avec la fig. 5, l'écartement exact des deux flasques.

A bien examiner, le balancier double ne diffère du balancier simple, que nous avons décrit, que par l'intérieur, car, vu de face extérieurement, il présente absolument le même aspect. On y retrouve les nervures, les

(1) Voir la fin du VIe volume, qui comprend les dessins complets d'une machine de ce genre.

renflements et les moulures qui le garnissent sur tout le pourtour et autour de chacun des axes; mais la face intérieure de chacune des deux flasques est entièrement unie et ne porte aucune saillie.

On comprend que ces flasques sont calculées avec une charge égale à la moitié de la pression totale exercée sur le piston à vapeur. Seulement l'épaisseur du panneau ou de la toile *t* est généralement inférieure à celle déterminée par la formule [3], parce qu'on tient compte alors des nervures *n* et *n'* et des larges moulures qui en augmentent considérablement la résistance, ce qui permet de ne pas avoir des poids exagérés.

Ainsi, dans la machine à simple effet, construite récemment par le Creusot, pour élever l'eau de la Seine, dans les bassins de Chaillot, afin de remplacer l'ancienne machine existante, on trouve que la charge totale, à l'extrémité du balancier, est environ de 100 mille kilogrammes, et par suite que l'épaisseur des deux flasques devrait être de $5^c 6$, si on n'y fait pas entrer les nervures, tandis que les constructeurs ne leur ont donné que 45 millimètres.

Dans ce système, l'axe principal D est fixé aux deux flasques qu'il traverse par 3 ou 4 clés; et comme on peut adapter les liens du parallélogramme à l'intérieur de ces flasques, les collets ou les tourillons des axes extrêmes *o*, *o'* se trouvent en dedans au lieu d'être en dehors, comme le montre le plan fig. 7. L'assemblage de ces axes avec les bouts du balancier est alors caché par une large embase circulaire *e'* que l'on retient par une vis taraudée à chaque extrémité de l'axe.

Assemblage a boulet. — Il y a des balanciers qui, au lieu d'être terminés, à chaque extrémité, par un simple renflement cylindrique que traverse l'axe qui y est adapté à demeure, sont au contraire disposés pour former tourillons, afin de mobiliser l'axe de suspension de la bielle et celui des liens du parallélogramme.

Les fig. 8, 9 et 10 en sont un exemple tiré d'une belle et grande machine à vapeur de 40 chevaux, d'Edwards, construite, il y a déjà un grand nombre d'années, dans l'ancien établissement de Scipion Perrier et Cie, à Chaillot, et qui a fonctionné très-longtemps dans les ateliers du chemin de fer de Saint-Germain.

La fig. 8 est une section verticale faite par le centre du balancier.

La fig. 9 est la vue de face de l'une des extrémités.

La fig. 10 en est une coupe horizontale faite au milieu suivant la ligne 5-6.

On voit par la première de ces figures que le moyeu central est renforcé par des nervures latérales qui n'existent pas dans les modèles précédents, et en outre par une moulure annulaire qui s'ajoute à la nervure du pourtour extérieur.

Les extrémités, qui ne se prolongent pas tout à fait jusqu'aux axes de suspension, sont alésées à une certaine profondeur pour recevoir, à chacune, un fort boulon ou goujon en fer forgé G, terminé par une tête

sphérique, et portant, sur la partie cylindrique désaffleurante, la bague ou virole mobile K, forgée de la même pièce avec ses deux tourillons *o*. En serrant le boulon au moyen de la clé *c*, comprise entre les clavettes à talon *c'*, on fait appliquer l'une des bases de la virole contre le bout tourné du balancier, en même temps que la tête s'appuie contre la base opposée.

Cette disposition permet d'avoir l'axe des tourillons *o* dans un plan rigoureusement perpendiculaire à la ligne milieu du balancier, et par suite de maintenir la tige du piston, comme la bielle, dans un seul et même plan vertical avec celui-ci.

Le diamètre du boulon G, dans la partie qui désaffleure l'encastrement, doit être au moins égal au bouton de la manivelle, puisqu'il doit résister dans des conditions identiques.

Ce mode de construction est évidemment bien entendu, et donne de bons résultats en pratique, mais il est plus dispendieux que celui indiqué fig. 1re; d'autres constructeurs ont cherché à le simplifier en remplissant le même but, comme on peut le voir par les fig. 11 à 14, qui représentent les détails d'un des balanciers appliqués aux machines à vapeur de la Monnaie de Paris (1).

La fig. 11 en est une section verticale faite par l'axe central.

La fig. 12 est la vue de face de l'une des extrémités avec la coupe de la virole portant les tourillons.

La fig. 13 est un détail vu de face de celui-ci.

Et la fig. 14 une coupe transversale suivant la ligne 7-8.

On remarque sur ces dernières figures que chaque extrémité du balancier se termine par une partie cylindrique, formant son prolongement, au lieu d'être alésée, afin de recevoir la virole mobile K, qui est fondue ou forgée avec ses deux tourillons *o*, et qui y est retenue par la bague tournée B', que l'on applique contre elle par le boulon *b'*, lequel est fixé au balancier par la clavette *c* et serré par l'écrou *e'*.

Cette disposition est plus économique que la précédente et remplit évidement le même objet. Elle est analogue, au reste, pour les autres parties, à celles du balancier type.

BALANCIERS DES MACHINES A DEUX CYLINDRES. — Ce que nous avons dit pour les balanciers des machines à vapeur à un seul cylindre s'applique de même évidemment à ceux des machines à deux cylindres, seulement, dans ces dernières, l'effort du côté de la puissance est divisé en deux parties qui se rattachent à deux points du balancier, c'est-à-dire la pression de la vapeur sur le grand piston à l'extrémité, et celle sur le petit piston vers les 3/4 ou les 2/3 de la longueur du bras. On pourrait, sans faire d'erreur sensible, compter la longueur L du bras, du point extrême

(1) On se rappelle que ces machines, qui sont parfaitement exécutées, ont été construites par M. Moulfarine; nous en avons donné les dessins dans le VIIe volume.

correspondant à l'axe du grand cylindre, en supposant la charge totale égale à la somme des deux pressions; mais, pour plus d'exactitude, on suppose le point d'application de la puissance placé entre les deux points d'attache des pistons, et on opère comme précédemment pour obtenir les dimensions principales.

Bras inégaux de certains balanciers. — Il arrive quelquefois que les deux bras du balancier ne sont pas égaux; ainsi, par exemple, celui qui se trouve du côté du cylindre peut être plus long que celui du côté de la bielle. Cette circonstance est sans influence à l'égard de la section principale du balancier; on conçoit, en effet, que les efforts exercés aux extrémités étant en raison inverse des bras, il est indifférent de considérer l'un ou l'autre par le calcul. Il semble naturel de choisir la pression directe sur le piston, avec la longueur du bras correspondant.

Quant à l'effort exercé sur l'arbre central, attendu qu'il est égal à la demi-somme des deux efforts, c'est-à-dire de la puissance et de la résistance, on établira, pour le calcul, la relation suivante :

En appelant L le grand bras ou le grand rayon du balancier,
P, la charge ou la pression correspondante,
L', la longueur du petit rayon du petit bras,
Et x, l'effort correspondant;

$$L : L' :: x : P,$$

$$\text{d'où } x = \frac{L \times P}{L'}$$

p' étant la moitié de la somme des deux efforts P et x, plus p le poids de l'équipage, on aura

$$p' = \frac{P + x + p}{2},$$

et on pourra, par suite, déterminer le diamètre du corps de l'arbre, d'après la formule [8], page 439.

MACHINES A PEIGNER LE LIN

PERFECTIONNÉES,

Par **M. MARSDEN**, Ingénieur anglais,

Et construites par **M. FAIRBAIRN**, de Leeds.

(PLANCHES 36, 37 ET 38.)



Le peignage mécanique du lin est, comme celui de la laine, un sujet très-important, qui occupe un grand nombre de praticiens, d'esprits sérieux et éclairés, qui comprennent les difficultés de la question et qui proposent des moyens souvent ingénieux pour la résoudre.

Depuis le premier et célèbre inventeur de la filature mécanique du lin, M. Philippe de Girard, dont le pays a reconnu bien tardivement le mérite (1), et qui a imaginé, dès 1810, cette intéressante machine à peigner que nous avons donnée dans le 1er volume de ce Recueil, on a travaillé cette question d'une manière toute spéciale, et il serait vraiment beaucoup trop long et peut-être aussi trop fastidieux de mentionner ici tous les moyens, tous les systèmes qui ont été successivement proposés.

Cependant nous savons trop bien l'intérêt que présente un tel sujet, pour ne pas profiter de toutes les circonstances qui nous permettent d'en suivre les progrès et d'en instruire les manufacturiers, les constructeurs, qui, comme nous, en apprécient toute l'importance. C'est ainsi que, dans

(1) Dès 1840, lorsque nous avons annoncé la publication de ce Recueil, nous avions dit que M. de Girard était l'auteur des principes essentiels de la filature mécanique du lin, et qu'il aurait eu le prix de 1 million promis par l'empereur Napoléon Ier, s'il avait eu le bonheur d'être reconnu avant la chute de l'empire. En 1844, lorsqu'il est revenu de Pologne, chargé d'inventions et d'années, mais pauvre comme il y était allé, après que nous avions fait connaître l'histoire de ses découvertes, plusieurs hommes de cœur firent des démarches pour lui faire obtenir sinon le million promis, au moins une pension qu'il méritait si bien. Mais on ne comprit pas ou on tarda trop à comprendre qu'il fallait agir bien rapidement si on voulait arriver à le récompenser personnellement; en effet, l'année suivante, il n'était plus, et, comme bien des inventeurs de mérite, il ne laissait seulement pas de quoi subvenir aux frais de ses funérailles, qu'une souscription volontaire a dû acquitter. Le gouvernement actuel, plus équitable et plus actif, a su reconnaître l'utile et importante découverte de Philippe de Girard, en faisant donner à son frère et à sa nièce une pension viagère de six mille francs.

le ve volume, nous avons publié une machine à peigner de M. Busk, construite et perfectionnée par M. Lacroix, de Rouen, et qui a été essayée et adoptée par divers filateurs.

Actuellement nous donnons les belles et curieuses machines si longtemps travaillées et perfectionnées par M. Marsden, cet infatigable ingénieur qui a fait du peignage du lin son étude particulière, et qui, il faut le dire, est arrivé à des résultats pratiques très-remarquables.

Pour qui connaît les difficultés que présente le peignage effectué à la mécanique, il n'est pas de petite amélioration qui n'apporte souvent un avantage sérieux. C'est bien ce que l'auteur des appareils perfectionnés que nous allons décrire a compris, et a fait comprendre, en cherchant constamment, depuis plus de dix ans, à faire des additions, des changements de tout genre pour atteindre le but si ardemment désiré, soit pour peigner les lins fins et tendres, soit pour peigner les lins courts et durs.

Toutefois, il faut bien le dire, quelle que soit d'ailleurs la perfection d'une machine à peigner, on ne peut avoir la prétention de la faire servir à la fois à toutes les qualités, à toutes les natures de lin. Ce que le peigneur à la main est capable de faire, sous ce rapport, avec ses simples peignes, la machine ne peut être ni assez intelligente ni assez étendue pour se prêter à toutes les nuances, à toutes les variétés qu'il faudrait lui faire subir. Ainsi construite, par exemple, pour peigner des lins coupés en deux, elle ne conviendrait pas, elle ne peut convenir pour peigner des lins entiers, ou pour des lins coupés en trois. Il faut la rendre spéciale, si on veut qu'elle travaille bien, qu'elle ne produise pas trop d'étoupes, et qu'elle fasse assez de produits pour remplacer avec avantage le travail manuel.

C'est pourquoi M. Marsden s'est attaché à deux appareils distincts, dont l'un est plus particulièrement destiné aux lins de première qualité, comme ceux que l'on tire de la Belgique, et que l'on paie jusqu'à 220 à 300 fr. les 100 kilog., et l'autre s'applique à des lins qui ont moins de finesse, et qui se coupent en deux seulement.

Nous avons vu fonctionner ces deux systèmes de machines dans l'établissement de Pont-Remy. M. Alexandre Brière, qui a reçu de M. Marsden la première peigneuse circulaire qui fut introduite en France, a bien voulu non-seulement nous autoriser à les relever avec détails, mais encore nous communiquer ses notes, ses observations sur la fonction, sur le travail de ces appareils.

Cette machine a depuis subi une modification dans la disposition des chariots porte-pinces. M. Fairbairn y a introduit deux chariots au lieu d'un, et a, par cela, augmenté la production de la machine, dont le principe est d'ailleurs resté le même.

L'auteur, M. Marsden, est, sans contredit, de tous les ingénieurs, celui qui s'est le plus occupé de la question pratique du peignage des lins; il a pris successivement, en France et dans son propre pays, plusieurs bre-

vets pour les divers perfectionnements qu'il a apportés dans le peignage et la filature du lin. L'un de ses premiers ici date de 1843 ; on y retrouve déjà les principes des peigneuses qu'il a faites depuis, et qu'il a améliorées, comme on le reconnaît par ses brevets postérieurs de 1846 à 1852, soit seul, soit avec le concours d'autres ingénieurs, comme M. Robinson, M. Carmichaël (1), etc., qui se sont aussi beaucoup occupés du même sujet.

Nous distinguerons les deux machines de M. Marsden, par *peigneuse à peignes excentriques*, qui est destinée au peignage des lins fins, et par *peigneuse circulaire continue*, qui s'applique aux lins propres à filer les fils de numéros moyens.

DESCRIPTION DE LA PEIGNEUSE A PEIGNES EXCENTRIQUES, REPRÉSENTÉE PL. 36 ET 37.

Cette machine se distingue d'une manière toute spéciale par la disposition de ses deux séries de peignes ou sérauts qui sont appliqués sur deux axes parallèles, de manière à changer successivement, l'un par rapport à l'autre, quoique d'ailleurs leurs axes restent toujours à égale distance et n'aient qu'un mouvement de rotation continu.

Ainsi, au moment où elles sont pour pénétrer dans l'épaisseur des mèches ou des poignées de lin qui se présentent verticalement à leur action, les dents des peignes se trouvent à très-peu près perpendiculaires à la direction des filaments, et descendent jusque vers le bas de la mèche, en restant dans cette position, pour les quitter ensuite obliquement.

Il faut pour cela que les peignes ne soient pas directement attachés à des bras fixes sur les axes de rotation, mais bien assemblés par articulation à des rayons et des bielles mobiles qui leur permettent d'osciller sur eux-mêmes, pendant qu'ils sont entraînés dans le mouvement circulaire ; et le changement de position s'opère au moyen d'un excentrique fixe autour duquel tourne une bague mobile qui fait corps avec les rayons ou les bras mobiles.

Nous ne pouvons mieux comparer cette combinaison de mouvement qu'à celui qui a été imaginé par M. Cavé, il y a bien vingt ans, et que cet habile constructeur a si heureusement appliqué aux roues à palettes des bateaux à vapeur. On se rappelle que, pour éviter autant que possible le choc des aubes à leur entrée dans l'eau, et la trop grande élévation de celle-ci lorsqu'elles en sortent, M. Cavé a disposé sur le flanc du navire un excentrique fixe circulaire, embrassé par une bague mobile à la circonférence de laquelle étaient attachées par articulations des tiges ou bielles en fer, communiquant, au moyen de bras latéraux, à chacune des palettes un mouvement d'oscillation tout à fait indépendant du mouvement rotatif imprimé à l'arbre de couche de commande.

(1) M. Carmichaël a exposé, dans son brevet du 13 juin 1846, le principe des peignes fixes et tournants que l'on retrouve dans la peigneuse circulaire de M. Marsden.

Ce mouvement était tel que chacune des palettes entrait successivement dans l'eau, à peu près verticalement, restait verticale pendant tout le temps qu'elle y était plongée, et en sortait de même, de sorte qu'elle ne s'obliquait réellement qu'à la sortie complète. Cette disposition a été adoptée naturellement dans un grand nombre de bateaux à vapeur, comme ayant donné de bons résultats.

Le mécanisme appliqué dans la peigneuse excentrique de M. Marsden est tout à fait semblable, et remplit un but analogue, comme on le reconnaîtra en examinant le dessin pl. 36, et en particulier la coupe verticale fig. 1, pl. 37, et le tracé géométrique correspondant, fig. 2.

C'est d'abord sur ces deux figures que nous étudierons le jeu et le principe de la machine. Nous en ferons voir ensuite toute la construction mécanique et les détails essentiels sur les autres figures. Nous décrirons donc d'abord la disposition et le mouvement des peignes, l'application des cylindres à brosses et des tambours à carde, puis la composition et la marche des pinces ou mâchoires, et enfin les diverses particularités du mécanisme général.

Disposition et mouvement des peignes. — Sur les deux arbres en fer A et A′, placés parallèlement sur le même bâti, sont ajustés et fixés les croisillons à six branches B B′, qui au besoin sont consolidés par des entretoises, et portent à l'extrémité de chaque branche les tiges ou tringles parallèles *a*, en fer rond. Vers le bout de ces dernières sont les bras mobiles *b* dont nous avons parlé, et qui reçoivent les règles ou baguettes en fer *c* sur lesquelles se rapportent à vis les peignes proprement dits *d*, *d′*.

Or, à l'un des côtés de l'appareil, celui que nous appellerons la tête de la peigneuse, en dehors même des bras et des croisillons, sont adaptés à charnière six rayons en fer méplat *e*, *e′*, qui se rapprochent vers le centre sans y concourir, et se relient, toujours par articulation, dans chaque porte-peigne, avec la bague ou virole *f*, laquelle embrasse sur toute sa circonférence, l'excentrique en fonte C, de forme circulaire, et placé à demeure contre la face intérieure du bâti, quoique d'ailleurs traversé par l'axe moteur.

Trois des goujons qui assemblent les rayons avec la bague se prolongent au delà de l'épaisseur de l'excentrique, en augmentant de diamètre, afin de former comme des galets qui doivent alternativement se trouver en contact avec la circonférence intérieure de l'espèce de trèfle en fer carré D, rivé au côté extérieur des branches du croisillon correspondant. Cette addition paraît avoir particulièrement pour objet de maintenir les rayons et par suite les bras mobiles des peignes dans la position qu'ils doivent avoir, pendant tout le temps que ceux-ci fonctionnent ou sont en action.

Pour peu qu'on examine le tracé (fig. 2) avec quelque attention, on peut aisément se rendre compte du double mouvement qui se produit lorsque la machine est en activité.

Les arbres A et A′ recevant leur mouvement de rotation continu, le

communiquent aux croisillons porte-peignes, et par suite à tous les organes qui y sont adaptés; mais par cela même que les bras *b* sont aussi reliés à la bague qui entoure l'excentrique, ils entraînent cette bague avec eux, et comme le centre *o* de celui-ci est au-dessus de celui de chaque arbre, il force la bague et par conséquent les points d'attache des rayons à s'éloigner ou à se rapprocher alternativement du centre de ce dernier. Il en résulte que ces rayons obligent les bras à osciller sur les tringles qui leur servent d'axes, et à prendre ainsi toutes les positions successives indiquées par des lignes pleines et différemment ponctuées sur la fig. 2.

Il est facile de reconnaître que de toutes ces positions, celles les plus importantes et qu'il s'agissait surtout d'obtenir, se trouvent du côté de la mèche à peigner, laquelle se présente verticalement, soit qu'elle monte ou qu'elle descende, soit qu'elle s'avance dans le chemin rectiligne qui lui est tracé. C'est, en effet, dans cette partie que les peignes doivent travailler; ils restent à peu près parallèles à eux-mêmes pendant 1/5ᵉ à 1/6ᵉ de tour, tandis que dans tout le reste du parcours ils oscillent et changent constamment de position; et comme leurs dents ou leurs broches, plantées sur deux rangs parallèles, sont exactement perpendiculaires au plan même des règles sur lesquelles elles sont fixées, elles se présentent alors presque horizontales, au moment où elles commencent à pénétrer dans les filaments; elles restent dans cette direction horizontale, tout en descendant, et ce n'est qu'au moment où elles sortent de la mèche, qu'elles s'inclinent. Comme cette inclinaison des dents a lieu en baissant et non en relevant, elle facilite le dégagement des étoupes qui se trouvent ainsi détachées et entraînées par les peignes.

Composition et marche des pinces. — Dans la peigneuse de Ph. de Girard, les pinces ou mâchoires entre lesquelles on serre une poignée de lin, ont un simple mouvement rectiligne régulier et continu jusqu'au bout de la course, pour passer d'une extrémité à l'autre de la machine; et la mèche est peignée des deux côtés à la fois, comme cela a lieu ici; dans la peigneuse de Busk, les mâchoires ont bien d'abord un mouvement de translation, mais comme le peignage n'a lieu que d'un côté, elles reviennent sur elles-mêmes, après avoir fait un demi-tour, afin de soumettre à à l'action des peignes la seconde face de la mèche. Dans la peigneuse qui nous occupe, les pinces doivent bien aussi parcourir un chemin rectiligne, mais leur mouvement n'est pas le même; d'une part, il est intermittent, c'est-à-dire qu'elles restent fixes pendant un certain temps, pendant le peignage, puis elles marchent en avant; et d'un autre côté, elles ont un mouvement descensionnel et ascensionnel, elles descendent lentement et au fur et à mesure que les peignes se présentent et pénètrent dans les filaments, et remontent ensuite avec rapidité, afin de dégager le lin des peignes, en s'avançant d'une quantité donnée. On comprendra bien cette disposition, lorsqu'on aura vu la combinaison du mécanisme adopté à cet effet par le constructeur.

Chaque pince ou chaque mâchoire, proprement dite, se compose de trois plaques rectangulaires (fig. 3 et 4, pl. 36), dont une grande *g* qui n'a pas moins de 0^m425 de longueur, et de deux autres *g'*, moitié plus petites, qui s'adaptent à la première, chacune par deux goujons et par un boulon à écrou seulement, afin d'être facile à monter et à démonter, opération qui s'effectue avec une célérité surprenante par des enfants de dix à douze ans, qui ne sont occupés qu'à prendre les pinces, à les charger de lin et à les porter à la machine, tandis que d'autres vont chercher celles dont les mèches sont peignées, les desserrent pour enlever ces mèches, et les redonnent aux premiers.

Sur la face intérieure des plaques est appliquée une feuille de papier fort ou de carton mince, afin de mieux serrer la mèche de lin que l'on doit y pincer. Ces plaques vont en diminuant d'épaisseur par le bas, pour que les dents des peignes puissent s'approcher le plus près possible de la partie des filaments qui se trouvent engagés. A leur extrémité supérieure est ménagée une saillie *h* qui permet de les faire reposer sur les bords inférieurs des deux règles parallèles en fonte E (fig. 1, pl. 37), et en même temps de les faire pousser par des taquets en fer *i*, attachés à charnière à la tringle méplate *j* que l'on voit bien sur l'élévation longitudinale fig. 5, pl. 36.

Or cette tringle, qui, de distance en distance, porte des galets *i'* pour reposer sur la partie droite dressée des deux règles E auxquelles elle doit rester parallèle, se relie d'un bout par une petite bielle *j'* à un levier *h'*, qui est suspendu au milieu d'un petit axe en fer supporté par les deux supports de fonte F, boulonnés par leur base à l'extrémité des règles E (fig. 5 et 6); et une tige rigide en fer *k*, qui s'arcboute par articulation dans la coulisse de l'entretoise de fonte G, s'assemble à charnière vers la partie supérieure du levier, pour le faire changer de position lorsqu'il fonctionne, en montant comme en descendant.

Les deux mêmes règles E sont reliées, en dehors des bâtis de la machine, aux montants mobiles en fonte H, qui sont à jour dans presque toute leur hauteur, d'une part, pour laisser la place libre aux pinces chargées de leur lin, et de l'autre, pour permettre à l'axe même des excentriques, qui doivent les faire mouvoir, de les traverser. A l'extrémité inférieure de ces montants sont appliqués les galets cylindriques I, contre la surface desquels tend à s'appuyer constamment le bout des bascules J, qui ont leur centre d'oscillation en *k'* sur la double traverse ou entretoise du milieu G', et qui sont chargées d'un fort poids en fonte J', lequel est en deux pièces pour laisser entre elles l'espace nécessaire à l'épaisseur même des bascules qui doivent agir ensemble.

Au-dessus des galets sont les excentriques ou cames à développante K qui, montées sur un axe commun en fer *l*, reçoivent un mouvement de rotation très-lent, et obligent par suite ces galets à s'abaisser et à faire descendre en même temps les deux montants verticaux H.

Il en résulte que ceux-ci, entraînant dans cette marche descensionnelle les deux règles auxquelles ils sont boulonnés, font descendre aussi toute la série de pinces suspendues à ces dernières; mais pendant que ce mouvement a lieu, les supports et avec eux le levier *h'* descendant également, celui-ci, relié à la tige rigide *k*, est forcé de changer de direction, à tel point que lorsque le système est arrivé au plus bas de sa course, il occupe la position *h''*, indiquée fig. 5.

La courbure des cames étant très-allongée sur plus de la moitié de la circonférence, on conçoit que le mouvement descensionnel qu'ils produisent est très-lent, ce qui convient d'ailleurs pour le travail, puisque c'est pendant ce temps que les mèches de lin sont peignées par la pointe d'abord, afin de préparer l'extrémité de fibres à la division qui s'opère lentement et successivement jusque vers la partie qui se rapproche des pinces qui les tiennent, et qui restent alors en repos pendant que le galet est en contact avec une autre portion de la came à courbure circulaire, permettant ainsi au peignage de se produire dans toute la longueur des fibres.

Dès que les cames abandonnent leurs galets, le mouvement ascensionnel se fait avec rapidité, parce qu'alors, étant coupées subitement par une partie droite qui se dirige près de leur centre, elles permettent aux bascules à contre-poids d'agir immédiatement, et de soulever les galets avec leurs montants H, qui relèvent en même temps les deux règles de fonte E et toutes les pinces qu'elles portent.

C'est pendant cette ascension rapide que les pinces, qui étaient descendues verticalement, sans aucun autre déplacement, sont obligés de marcher de gauche à droite par les taquets *i'*, parce que le levier *h'* qui, comme on vient de le voir, avait été entièrement poussé à gauche, est maintenant ramené vers la droite; il s'ensuit que la petite bielle *j'* et avec elle la tringle *i*, qui roule sur les règles, sont aussi repoussées de ce côté, entraînant dans cette marche les taquets.

L'amplitude de cet avancement rectiligne est telle qu'il correspond justement à la longueur même des pinces, par conséquent celles-ci se déplacent toutes, à chaque ascension, d'un quart de la longueur totale des peignes, puisqu'on en compte quatre pour l'étendue de ces derniers, entre les deux bâtis de la machine. Cela suppose que le peignage de chaque mèche de lin étalée entre les pinces se fait en quatre fois ou en quatre opérations successives. C'est en effet ce qui a lieu.

Il est utile d'observer à ce sujet que, comme les dents de chaque peigne ne sont pas de même grosseur dans toute leur étendue, mais au contraire de plus en plus fines et serrées, à mesure que l'on avance vers la droite, les filaments sont par cela même de mieux en mieux peignés.

Les peignes sont en outre munis devant leurs dents de plaques de garde en fer mince, comme on le voit sur la coupe (fig. 1re). Ces plaques servent à soutenir le lin et empêcher que les dents ne s'y enfoncent trop profondément, ce qui aurait pour effet, surtout au commencement de l'opéra-

tion, de briser et arracher les fibres au lieu de les paralléliser. Ces dites plaques sont mobiles, c'est-à-dire qu'on peut les rapprocher plus ou moins de la pointe des broches, suivant l'épaisseur des mèches de lin. Elles ont encore pour effet d'agir sur les fibres comme un grattoir, et d'en enlever, par leur frottement, la crasse gommeuse.

Cylindres a brosses et a cardes. — Un peu en dessous et en dehors de chacune des deux séries de peignes est placé un cylindre horizontal à brosse L, formé d'un tambour creux en bois, traversé dans toute sa longueur par un axe en fer *m*, et garni sur sa circonférence de trois rangs de brosses *n*, à crins allongés et flexibles, dont l'écartement, mesuré du milieu de l'une au milieu de l'autre, est égal à celui qui existe entre deux peignes consécutifs.

Ces brosses ont pour but de dégager des dents de chaque peigne toutes les étoupes qui se détachent du lin pendant l'opération.

La vitesse qui leur est communiquée correspond évidemment avec celle des peignes, afin qu'une brosse se trouve toujours en regard d'un peigne correspondant au passage vers la ligne des centres de leurs axes.

Les étoupes ainsi détachées sont prises, dans la rotation même des cylindres par le tambour cylindrique M, qui est garni de rubans de cardes (fig. 1 et 7) à denture oblique, et qui tournent beaucoup plus lentement en sens contraire des brosses.

Comme dans les cardes à coton ou à laine, à l'extérieur de chaque tambour M est appliqué un peigne droit *p*, formé d'une simple barre en bois fixée par ses deux extrémités et vers son milieu sur les leviers en fonte *o*, et sur laquelle on rapporte une réglette en fer, à dents angulaires. L'axe qui porte les leviers *o* reçoit un mouvement circulaire alternatif qui les fait successivement monter et descendre, afin de détacher des dents de la carde les couches ou les brins d'étoupes dont elle se charge constamment.

Ces étoupes tombent, à mesure qu'elles sont enlevées, dans une grande caisse en bois N (fig. 8), à quatre compartiments, afin de les séparer suivant leur qualité, et d'en faire ensuite des fils de numéros différents.

Communication de mouvement. — Il est intéressant, pour compléter la description de cette machine, d'examiner la disposition des mouvements de chacun de ses organes principaux, ce qu'il sera facile de bien voir par les figures d'ensemble, pl. 36.

On a déjà reconnu, sans doute, que la fig. 5 est une vue longitudinale de tout l'appareil, en supposant le premier cylindre à carde coupé par un plan vertical passant par son axe;

Que la fig. 6 est une vue par bout, du côté de la sortie des pinces;

Que la fig. 7 est un fragment de plan vu en dessus, de cette partie de la machine;

Et que la fig. 8 est une élévation de la partie principale comprenant la tête de la peigneuse, le bâti étant seulement représenté en lignes ponctuées.

Le bâti à l'extérieur duquel sont adaptés tous les mouvements, se compose de deux châssis verticaux en fonte à nervures O, qui sont évidés dans certaines parties, étendus ou élevés dans d'autres, afin de porter aux places nécessaires chacun des axes, des paliers et coussinets existants.

La commande principale est prise sur l'un des cylindres à brosse, dont l'arbre est prolongé d'un bout, en dehors du bâti, pour recevoir les deux poulies P, P′, dont l'une fixe est mise en mouvement par l'arbre moteur de l'usine, et l'autre folle sert à interrompre ce mouvement à volonté. Entre la poulie P et le bâti, est monté, sur le même axe, un pignon droit *q*, de 60 dents, qui engrène avec la roue droite Q, d'un diamètre double, placée sur l'axe A du peigneur correspondant. Cette roue, engrenant directement avec une autre Q′ tout à fait semblable et de même dimension, rapportée sur l'axe A′ du second peigneur, lui transmet la même vitesse, mais en sens contraire; cette dernière commande aussi à son tour le pignon *q*′ qui se trouve sur l'axe du second cylindre à brosses.

Comme dans la marche normale de la machine, la poulie P, et par conséquent les cylindres à brosses, tournent à la vitesse de 120 révolutions par minute, on voit déjà que celle des deux peigneurs est moitié, soit de 60 révolutions; et comme ils sont garnis chacun de six peignes, les mèches de lin soumises à leur action reçoivent donc, dans cet espace de temps,

$$6 \times 60 = 360 \text{ coups de peigne de chaque côté.}$$

Les brosses étant au nombre de trois sur chaque cylindre, donnent autant de coups, puisqu'en somme elles marchent à la même vitesse à la circonférence, car elles se trouvent sur un rayon moitié plus petit que celui des peignes, et elles tournent à une vitesse double.

Du même côté extérieur de la machine se trouve encore un petit pignon droit q^2 (fig. 8), qui n'a que 0m17 de diamètre, et qui est commandé par le premier *q*, pour faire marcher les peignes des cardes. L'axe de ce petit pignon porte un excentrique circulaire *r*, embrassé par un collier en deux pièces qui fait corps avec la tige en fer *t*, laquelle se prolonge jusqu'au levier double *s*, rapporté à l'une des extrémités de l'axe de l'un des deux peignes à dents angulaires *p*. Une seconde tringle *t*′ relie le même levier double *s* à un levier simple *s*′, fixé à l'extrémité de l'axe du second peigne, afin de lui transmettre le mouvement alternatif que l'excentrique circulaire communique au premier, mais seulement en sens contraire. Les autres mouvements sont appliqués comme le montrent les fig. 6 et 7, sur le côté opposé, c'est-à-dire en tête de la machine.

Ainsi, les axes A et A′ des deux peigneurs portent chacun un pignon droit *u* de 30 dents, qui engrène avec une roue droite R, de 96 dents, montée sur un bout d'axe intermédiaire, et solidaire avec un pignon *u*′ égal au précédent, pour commander la roue droite S, de 120 dents; cette dernière est alors ajustée sur l'extrémité de l'axe du cylindre à cardes.

Il en résulte que, quand les axes des peigneurs tournent à leur vitesse normale de 60 tours par minute, les cylindres dépouilleurs ne font guère que 4,68 révolutions dans le même temps, puisque d'un côté le mouvement est retardé par les engrenages *u* et R, suivant le rapport de 96 à 30,

soit de 32 à 10, ou de 3,2 à 1

et que, de l'autre, il est aussi retardé, par les engrenages *u'* et S, dans le rapport de 120 à 30,

ou de 4 à 1

par conséquent ces cylindres ne font réellement que 1 révolution pour

$4 \times 3,2 = 12,8$ des peigneurs.

Pour faire marcher l'arbre des excentriques ou des cames K, l'un des deux goujons qui portent les roues intermédiaires R, porte à côté du pignon *u'*, un autre pignon droit *v* de 36 dents (1), qui engrène avec une roue de rechange T, de 96 dents, dont l'axe est fixé dans une coulisse venue de fonte avec l'épaisseur du bâti, afin de permettre d'établir, selon les besoins, les rapports de vitesse convenables, en changeant les diamètres de ces engrenages. Sur la face de la même roue T est encore un pignon droit *x*, portant aussi 36 dents, et engrenant avec une dernière roue droite U fixée alors sur le bout de l'axe *l* des excentriques.

Il est facile de voir, d'après cette disposition, que ces derniers ne font pas 3 révolutions par minute, lorsque les axes des peignes en font 60 ; car on a :

D'une part, entre le pignon *u* et la première roue intermédiaire R, le rapport de 30 à 96 ou de 1 à 3,2 ;

D'un autre côté, entre le pignon *v'* et la seconde roue T, le rappo t de 36 à 96 ou de 3 à 8 ;

Et enfin entre le pignon *r* et la troisième roue U, le même rapport de 36 à 96 ou de 3 à 8 ;

Par conséquent, le rapport inverse des vitesses de rotation entre l'axe *l* et celui A, est donc de

$3,2 \times 8 \times 8$ ou 9 à 204,8,

soit 1 à 22,75.

Ainsi, pour une seule révolution de l'axe des cames, les peigneurs en font près de 23 ; et comme leur vitesse de rotation habituelle est de 60 tours par minute, il s'ensuit que tout le système des pièces n'est pas baissé ou relevé trois fois dans le même temps ; il lui faut 22 secondes 3/4

(1) Nous n'indiquons ce chiffre de 36 dents que pour nous permettre d'indiquer ici des calculs, qui donnent, à première vue, une idée de la rapidité du travail de cette machine. Le nombre des dents de la roue *v* varie de 28 à 52, suivant la vitesse que l'on veut donner à l'excentrique K, et par suite au mouvement vertical des pinces, en raison de la qualité ou de la nature du lin.

pour effectuer son mouvement descensionnel ou ascensionnel, pendant que chaque peigne passe devant les mèches 6 fois par seconde.

Sur ces 22 secondes 3/4, on peut estimer qu'il y en a 20 environ pour la descente, et le reste pour la montée, qui se fait, comme on se le rappelle, beaucoup plus rapidement. Et puisqu'à chaque ascension, les pinces s'avancent de leur longueur, il en résulte que si une mèche amenée par la première pince a reçu, au premier passage,

$$20 \times 6 = 120 \text{ coups de peigne}$$

de chaque côté, elle en reçoit autant au second, au troisième, au quatrième, après lequel elle sort de la machine. Chaque mèche ou chaque poignée de lin reçoit donc, en définitive,

$$120 \times 4 \times 2 \text{ ou } 960 \text{ coups de peigne}$$

sur les deux côtés à la fois, depuis son entrée jusqu'à sa sortie.

Observations. — Il est bon de remarquer que, pour permettre de régler la position de chacun des excentriques fixes C qui déterminent les changements d'inclinaison des peigneurs, le constructeur a ajouté sur le devant (fig. 6 et 7) une équerre en fer *y*, qui se relie par un boulon à l'excentrique, et au bâti par une vis de rappel *z*, que l'on peut à volonté faire tourner dans un sens ou dans l'autre, avant de pousser l'équerre, et avec elle l'excentrique, à droite ou à gauche.

Nous devons dire aussi que, pour se garantir du contact des engrenages, on place à l'extérieur des grillages en fer, que l'on peut enlever quand il est nécessaire ; et de même pour empêcher la poussière et les déchets de se dégager au dehors, on recouvre les tambours des peignes avec des couvercles en tôle mince Y, assemblés à charnière sur le bâti.

ALIMENTATION ET TRAVAIL DE LA MACHINE.

Cette peigneuse mécanique n'est desservie que par des enfants de dix à douze ans, qui sont obligés de travailler avec une célérité extrême pour suffire à son alimentation.

Leur service se divise de la manière suivante :

Ces enfants doivent être au nombre de quatre, dont deux placés en tête de la machine, un troisième à l'extrémité opposée, et le quatrième portant les pinces dont les mèches sont peignées. Les premiers sont occupés à mettre le lin dans les pinces. A cet effet, comme on emploie généralement des lins fins coupés et préparés à l'avance par poignées d'égal poids, contenues dans une sorte de plateau à quatre tiges verticales qui les tiennent superposées, sans les mêler, et qu'on apporte sur la table de service, laquelle est disposée avec deux guides en fonte pour y retenir le dessous de la pince, c'est-à-dire la plaque la plus large *g* (fig. 3), ils étalent alors successivement chaque poignée sur cette plaque, qui, pour cette bonne

qualité de matière, peut aisément en contenir quatre. Ils ont soin, dans cette opération, de laisser dépasser la plus grande longueur des filaments, afin qu'ils puissent être peignés, la première fois, sur un peu plus de la moitié.

Dès que ces quatre poignées sont ainsi étendues, ils les recouvrent par les deux plaques g' qui complètent la pince, et serrent aussitôt les deux écrous qui doivent les fixer. Lorsque la pince est prête, ils la suspendent à l'extrémité du chemin horizontal E, de manière à ce qu'elle puisse être prise par le premier taquet i attaché à la règle mobile j, qui doit la conduire bientôt à l'action des peigneurs. Ces mêmes enfants sont aussi chargés de retirer des pinces les poignées qui ont été peignées des deux bouts, et de les placer, en les superposant en croix, sur un plateau à tiges, comme celui qui sert à leur apporter le lin brut. Ces pinces leur sont apportées deux par deux, par le troisième enfant, qui va constamment les chercher à la sortie de la machine. Mais cet enfant n'a pas seulement à apporter les pinces qui sont chargées de lin peigné des deux bouts, il est aussi obligé d'aller prendre sur la seconde table, placée à cette extrémité de la peigneuse, les pinces qui contiennent les lins peignés d'un seul côté, et que le quatrième enfant est chargé de sortir de la machine, d'ouvrir, pour retourner les mèches, puis de les refermer, pour que les mèches soient toutes prêtes à être peignées par l'autre bout.

Le service est ainsi parfaitement divisé, et l'alimentation de l'appareil se fait sans interruption. Il n'y a aucune confusion, parce que chacun connaît sa besogne, et n'en déroge pas. Ces enfants acquièrent dans cette manipulation une telle habileté, et en même temps une telle promptitude, qu'on est vraiment surpris, en les voyant travailler, qu'ils puissent arriver en si peu d'instants à effectuer ces diverses opérations, de prendre les pinces, de desserrer les écrous pour les ouvrir, y étendre les mèches de lin, puis remettre les plaques, resserrer les écrous au degré convenable, et enfin porter les pinces à l'entrée de la machine. Il n'y a réellement que des enfants qui puissent avoir cette agilité, ce coup d'œil, cette célérité, qui surprennent toutes les personnes d'un certain âge.

On a vu, par la description qui précède, comment les pinces chargées de leur lin, une fois suspendues sur le chemin de fer qui les amène aux peigneurs, sont successivement obligées de descendre et de monter, puis de s'avancer à chaque mouvement, d'une quantité égale à leur longueur totale; on a compris également comment les mèches de lin sont tout d'abord attaquées par leur extrémité, puis de plus en plus par le milieu des filaments, jusque près des pinces. On se rappelle qu'elles reçoivent ainsi quatre opérations successives, sans sortir du métier. D'abord peignées par des dents fortes et écartées, les grosses étoupes s'en détachent, avec les pailles et autres ordures, qui tombent ensemble dans le premier compartiment de la caisse N, après avoir été dégagées des peignes par les brosses et par les cylindres dépouilleurs; peignées une seconde fois par des dents

qui, quoique montées sur le prolongement des mêmes peignes, sont moins grosses et moins écartées que les précédentes, il s'en détache des étoupes moins grossières, qui sont reçues dans le deuxième compartiment. De même au troisième passage les mèches sont peignées par des dents encore plus serrées et plus fines que celles qui les précèdent, et fournissent par suite de meilleures étoupes. Le quatrième passage, correspondant à l'extrémité des peignes dont les dents sont alors très-fines et très-serrées, complète tout à fait le peignage de ces mèches sur un bout seulement; les mêmes opérations se répètent aussi, sans interruption, lorsqu'on a retourné ces mêmes mèches dans leurs pinces, pour les peigner de l'autre bout.

Nous avons dit que les deux caisses N, qui sont destinées à recevoir les déchets et les étoupes, sont chacune divisées en quatre compartiments afin de former autant de cases qu'il y a de séries de dents à chaque peigne, ou de pinces en travail.

La première case, celle qui se trouve en tête de la machine, reçoit naturellement les étoupes les plus grossières, plus ou moins chargées de boutons, et qui par conséquent produisent le plus de déchets; ces étoupes, filées à sec, donnent, suivant la nature du lin, des fils du n° 12 au n° 16.

La seconde case reçoit des étoupes moins inférieures, et contenant aussi moins de boutons; elles peuvent généralement aussi être filées à sec, et donner des fils du n° 16 au n° 20.

La case qui vient ensuite fournit de meilleures étoupes, que l'on peut filer mouillées, et qui permettent d'obtenir par suite, à la filature, du n° 25 au n° 30.

Enfin la quatrième et dernière case, correspondante à la sortie de la machine, reçoit les étoupes les plus belles et les plus fines, capables de produire des fils, au mouillé, du n° 30 au n° 40.

Nous devons faire observer que pour ce genre de machine, il est convenable de donner aux lins un premier peignage à la main, afin d'enlever aux filaments les plus fortes étoupes et les plus gros nœuds, et de diminuer par suite les déchets à l'appareil. Ce peignage préalable, qui ne se fait pas dans toutes les filatures, a été jugé très-utile par M. Brière, qui en a étudié tous les effets, en ce qu'il prépare le parallélisme des fibres soumis à l'action des peignes, et qu'il permet de faire moins d'étoupes, et surtout sensiblement moins de déchets, et de produire plus de fils de brin, ou, suivant la manière de s'exprimer des peigneurs, plus de *rendement*.

Cette peigneuse peut produire de 150 à 250 kilog., par jour, de lin coupé en trois, selon que la fibre en est plus ou moins forte, plus ou moins facile à diviser.

On conçoit aisément qu'un lin fort est plus difficile à peigner qu'un lin plus faible; d'un autre côté le lin à forte fibre étant destiné à des fils plus fins, le peignage doit en être plus complet afin que la matière soit plus

épurée d'étoupes et de boutons. C'est par cette raison que, comme nous l'avons dit plus haut, on substitue des pignons de rechange au pignon *v*, afin de varier la vitesse du mouvement vertical des pinces.

Le produit de la peigneuse dépend du poids des poignées de lin mises dans chaque pince, et de la vitesse du mouvement ascensionnel et descensionnel de ces dernières, le mouvement des peignes étant invariable. C'est au contre-maître peigneur à bien mettre en rapport le poids des poignées et la vitesse des pinces avec la nature et la qualité du lin soumis à l'action de la machine et dont le triage a lieu avant le peignage. Cette opération est une des plus importantes de la filature du lin, aussi ne doit-on la confier qu'à des hommes essentiellement pratiques et profondément versés dans la connaissance de cette branche d'industrie.

DESCRIPTION DE LA PEIGNEUSE CIRCULAIRE, REPRÉSENTÉE PL. 37 ET 38.

Cette machine diffère complétement de la précédente, non-seulement par la disposition même des peignes, qui sont tous placés sur un tambour cylindrique animé d'un mouvement de rotation continu, mais encore par celle des pinces ou mâchoires qui portent le lin, et qui outre leur double mouvement de translation, de montée et de descente, reçoivent encore par instants une marche demi-rotative, afin de présenter successivement chaque face ou chaque côté des mèches de lin à l'action des peignes.

Ce genre de peigneuse est surtout applicable aux natures de lins dits du Nord, comme ceux de Saint-Quentin, de La Fère, et de certaines contrées de la Russie, en changeant selon les besoins la vitesse même du tambour peigneur, ou l'avancement progressif des pinces.

La fig. 9 du dessin, pl. 37, représente cette machine, en section verticale faite par le milieu du tambour, des brosses et de la carde, à l'échelle de 1/10 d'exécution.

La fig. 10 du dessin, pl. 38, en est une vue extérieure à l'extrémité, du côté de la sortie des pinces.

Et la fig. 11 en est une projection ou élévation longitudinale du côté des brosses.

Les fig. 12 et 13 sont des fragments de plan vu en dessus, dont un à la hauteur de la ligne 1-2, et l'autre à celle de la ligne 3-4 (fig. 11).

Sous un certain rapport, cette machine paraît plus simple d'exécution que la peigneuse à peignes excentriques ; elle est aussi plus volumineuse, et ne permet pas de s'appliquer avec le même avantage aux lins fins, comme ceux que l'on tire de la Belgique.

Elle comprend le tambour peigneur, un cylindre à brosses, un cylindre dépouilleur, et porte constamment huit pinces ou paires de mâchoires chargées de lin, avec les mouvements nécessaires pour faire marcher ces divers organes dans des conditions déterminées.

DU TAMBOUR PEIGNEUR. — Le tambour peigneur proprement dit A n'a

pas moins de 1 mètre de diamètre, vers le bout des broches ou des dents de peigne. Il est formé d'une enveloppe en tôle mince *a*, qui est rivée sur quatre à cinq croisillons en fonte à huit bras *b*, alésés et traversés par l'arbre de couche en fer B, que l'on a prolongé de chaque bout, pour se porter par les paliers des coussinets *c* sur le bâti de la machine. Il est également fermé à chaque extrémité par de la tôle ou du zinc, de sorte qu'il forme un véritable tonneau cylindrique, bouché de toutes parts.

Sur la circonférence de ce tambour sont fixés, à égale distance, les peignes *d*, au nombre de 40, par des équerres en fer ou en cuivre *e*, que l'on visse directement sur la tôle, et contre les gardes mêmes dont chaque peigne doit être muni.

Comme dans les peigneuses précédentes, les dents de ces peignes ne sont pas toutes de même force ni de même écartement, on s'arrange pour en former sur la longueur entière du tambour, qui est de 2^{m} 65, quatre séries d'égale étendue, dont les broches vont en diminuant de grosseur et d'écartement. Ainsi les dents les plus grosses et les plus écartées appartiennent à la première série, qui se trouve en tête de la machine, tandis que les plus fines et les plus serrées sont au contraire sur la dernière, qui est à l'extrémité opposée.

Quoique la vitesse imprimée à ce tambour ne soit pas, en moyenne, de plus de 35 révolutions par minute, celle des broches, à la circonférence extérieure, est encore de

$$35 \times 3{,}1416 = 109^{m}\,96$$

ou de 1^{m} 833 par seconde.

Des cylindres a brosses et a cardes. — En contre-bas du tambour, et en sens contraire de son mouvement, se place le cylindre à brosses C, qui est composé de douves en bois montées sur des plateaux circulaires et traversés par un axe en fer *f*, et de quatre brosses droites à longs poils, qui se mettent en contact tantôt avec les dents des peignes *d*, afin d'en détacher les étoupes, et tantôt avec les dents du cylindre à cardes ou dépouilleur D sur lequel elles reportent ces étoupes. Ce dépouilleur est aussi composé soit en stuc, soit simplement en bois, et traversé par l'axe en fer E, également prolongé pour se porter sur les côtés du bâti de fonte. Il tourne dans le même sens que le grand tambour peigneur, et on l'a surmonté d'une sorte de brosse cylindrique très-légère F, dont les crins allongés et flexibles sont disposés sur un double rang héliçoïde, comme le montre la fig. 11. Cette brosse additionnelle a particulièrement pour effet d'enlever les petits filaments d'étoupes qui resteraient adhérents aux dents du dépouilleur. Elle n'évite cependant pas l'emploi du peigne droit G, qui, comme dans la peigneuse précédente, détache de ce dernier toutes les étoupes et tous les déchets qui se sont produits au peignage, afin de les projeter dans une caisse de bois placée au-dessous et divisée aussi en

quatre compartiments. Ce petit peigne droit, à dents angulaires, est monté de même sur des bras en fonte *h*, portés par l'axe en fer *i*, auquel on imprime un mouvement d'oscillation ou circulaire alternatif.

DES PINCES ET DE LEUR TRIPLE MOUVEMENT. — Les pinces qui fonctionnent sont ici au nombre de 8 ; au lieu d'être composées de 3 parties, elles sont seulement en deux pièces *g*, *g'*, exactement semblables, et toutes deux en bois, de même forme arrondie aux angles et de même épaisseur, renflées au milieu, où elles sont traversées par un seul et même boulon à écrou (voir les détails, fig. 14, 15 et 16) ; à l'intérieur elles sont garnies d'une feuille de carton mince, pour mieux pincer la mèche de lin, et à l'extérieur d'une platine en fer pour résister à la pression de l'écrou.

Ces pinces sont posées de champ successivement l'une après l'autre, sur le prolongement des deux règles de fonte I, qui forment comme une sorte de chemin de fer, sur lequel elles sont poussées, aux instants voulus, par la touche en fer *j*, qui est attachée par articulation à l'extrémité inférieure du levier J. Celui-ci est suspendu, comme dans le mécanisme précédent, au milieu de l'axe supérieur *i'*, rapporté au sommet des deux chaises en fonte F', et relié en outre à la tige oblique *k*, qui lui sert de guide et qui a son point d'attache sur la traverse en fonte K.

Ainsi, quand ces chaises remontent, ce qui a lieu lorsque les deux longrines de fonte L, sur le bout desquelles elles sont boulonnées, se relèvent elles-mêmes avec les deux règles I, le levier J est appelé de gauche à droite et oblige par suite la touche *j* à s'avancer dans le même sens, en faisant aussi avancer devant elle la pince qui a été préalablement apportée par l'un des enfants préposés au service de la machine.

Tel est le premier mouvement rectiligne imprimé ainsi à chaque pince, aussitôt qu'elle est mise sur le chemin de fer. L'amplitude de ce mouvement est telle qu'elle est égale à la longueur même d'une pince, c'est-à-dire à 0m310, parce qu'il faut non-seulement faire arriver la pince nouvelle à sa place, à la tête du tambour peigneur, mais encore déranger toutes les autres de la même quantité, pour qu'elles se présentent successivement à chaque série de dents ou de broches, et que la dernière, qui se trouve la plus proche de l'extrémité de la machine, en sorte librement, en glissant alors le long du plan incliné I', adapté à charnière au bout des deux règles I, afin d'obéir au changement de position de ces dernières, tout en restant appuyé par son autre extrémité sur le bord de la table qui doit recevoir la pince à sa sortie.

Les deux longrines L sont reliées aux deux règles auxquelles elles sont parallèles, par plusieurs montants ou consoles verticales en fonte et à nervures M, de sorte qu'elles ne forment entre elles qu'une seule et même pièce susceptible de monter ou de descendre d'une quantité déterminée, afin d'écarter ou de rapprocher des broches du tambour peigneur les mèches de lin suspendues verticalement à chaque pince.

Ce mouvement ascensionnel ou descensionnel est produit par une dis-

position mécanique analogue à celle que nous avons décrite plus haut. Ainsi, sur un axe intermédiaire en fer *l* sont rapportées deux grandes cames en fonte N, situées en dehors du bâti O, et sur le pourtour desquelles s'appuient les galets *m*, qui sont adaptés aux leviers parallèles P. Ceux-ci, prolongés pour porter chacun un contre-poids *n* (1), ont leur point d'oscillation en *o* sur les côtés du bâti, et se relient par leur bras le plus court aux deux tiges courbes et verticales Q, à section méplate, pour occuper moins d'épaisseur et présenter la force nécessaire, étant en fonte. Ces deux tiges s'assemblent par leur sommet aux oreilles ou aux chapes venues de fonte avec les longrines L qu'elles doivent porter.

De cette sorte, lorsque les cames soulèvent le plus long bras des leviers P, les tiges Q descendent, et avec elles descendent en même temps, non-seulement les deux longrines, mais encore les deux règles I et toutes les pinces qu'elles portent. Quand les cames n'agissent plus, les contre-poids appliqués au bout des leviers les font baisser à cette extrémité et lever à l'autre bout, les tiges verticales remontent alors, en faisant remonter en en même temps tout le système porte-pinces.

Tel est le second mouvement imprimé à ces dernières, mouvement qui a pour but de soumettre successivement les mèches de lin aux dents du tambour peigneur, par la pointe de l'extrémité inférieure des filaments d'abord, puis par le corps et jusque près du bord des pinces. L'amplitude de ce mouvement est donc proportionnée à la longueur des brins qui dépassent les machines; cette amplitude n'est pas très-considérable, surtout si on veut peigner des lins coupés en trois.

On a évidemment compris que, par cela même que l'on n'a disposé, dans cette machine, qu'un seul peigneur, les mèches ne seraient toujours peignées que d'un seul côté, si le constructeur ne s'était arrangé de manière à changer la position des pinces, de manière à faire en sorte que chaque mèche se présente aux dents des peignes, tantôt sur une face et tantôt sur l'autre, condition essentielle qu'il remplit par un mécanisme fort simple et bien ingénieux.

Observons d'abord que les deux règles de fonte I, qui doivent former un chemin rectiligne aux pinces, sont interrompues, à l'intérieur, pour livrer passage, dans certaines parties, à des consoles verticales M', analogues aux premières M, mais mobiles et indépendantes des longrines L, au lieu d'être solidaires avec elles. Placées entre les précédentes, ces consoles sont supportées sur les élargissements que présentent les règles, comme on le voit sur le plan fig. 13 et suspendues en même temps chacun par leur boulon vertical *p* à une courte entretoise de fonte *q*, boulonnée à l'intérieur des longrines fig. 15. Elles peuvent ainsi pivoter librement avec le boulon qui leur sert d'axe, et faire successivement un demi-tour sur

(1) Ces contre-poids n'ont pu être indiqués que sur la fig. 10, en lignes ponctuées; ils sont en forme de cylindre à base elliptique de 0m 085 d'épaisseur.

elles-mêmes, en entraînant alors dans cette rotation les pièces qu'elles portent par leur partie inférieure, qui forme exactement le prolongement des parties interrompues des deux règles I.

Chaque boulon vertical *p* est prolongé au-dessus de son entretoise, qui lui sert de coussinet, pour porter une roue droite horizontale R, par laquelle il doit recevoir son mouvement. Pour qu'elles puissent se communiquer de l'une à l'autre et tourner dans le même sens avec la même vitesse, ces roues engrènent avec d'autres intermédiaires d'égales dimensions R′, qui peuvent tourner folles sur les goujons *p′*, fixés à de courtes entretoises *q′*, boulonnées comme les premières entre les deux longrines, vers le milieu des consoles fixes M.

L'une des roues R′ doit commander toutes les autres; à cet effet, au lieu d'être ajustée sur un goujon *p′*, elle est traversée par un axe vertical p^2, qui se prolonge jusqu'au-dessus de la traverse en fonte K, afin de porter un pignon d'angle *r* qui engrène avec une roue conique S, d'un diamètre quatre fois plus grand. Cette dernière est fixée à l'extrémité de l'axe horizontal *s*, que deux petites colonnes élèvent à la hauteur convenable, et qui, à l'autre extrémité, porte un disque ou plateau à rochet T, de huit dents angulaires allongées (fig. 10 et 11).

Or, sur le fond de chaque dent successive de cette roue s'applique le cliquet en fer *t*, qui est attaché par articulation à l'un des bras de l'équerre en fonte U, dont l'autre bras tient en suspension la forte tige de fonte U′, renflée dans une partie de sa hauteur pour augmenter son poids. Celle-ci se relie de même par articulation, à son extrémité inférieure, avec le bout du levier V, qui est également en fonte, et qui ayant son point d'appui en *u*, sur le côté extérieur du bâti O, se termine par un galet *v*, que la charge du système tient constamment appliqué contre la circonférence extérieure de l'excentrique ou de la came méplate en fonte X, montée sur le même arbre *l*, qui porte déjà les deux premières cames N.

Par conséquent, lorsque cet excentrique, dans sa rotation, appuie sur le galet pour forcer le bras correspondant du levier à descendre, il fait soulever l'autre bras et avec lui la tige verticale U′, laquelle oblige alors l'équerre U à pivoter sur son axe et à transporter son cliquet *t* dans la position ponctuée *t′*. Quand au contraire l'excentrique se trouve, par rapport au galet, vers sa partie la plus rapprochée du centre de son axe, le levier tend à couper la position indiquée sur la fig. 10, c'est-à-dire que la tige descend, entraînant avec elle le cliquet *t*, qui alors fait tourner le disque à rochet. Mais ce mouvement est tel, que celui-ci marche justement d'une dent, c'est-à-dire d'un huitième de tour; la roue d'angle S tourne aussi de 1/8, et comme le pignon *r* a un diamètre quatre fois plus petit, il est forcé de faire exactement un demi-tour; par suite la roue R′, montée sur le même axe que lui, en fait autant ainsi que toutes les autres.

Les quatre consoles mobiles, dont les axes portent les roues droites R, font donc de même un demi-tour avec les quatre pinces correspondantes.

Pour que ce mouvement soit bien précis, que toutes ces pièces mobiles arrivent bien à leur place, et surtout qu'elles s'y maintiennent pendant tout le temps où elles doivent rester en repos, sur la dernière roue R, à gauche (fig. 11), s'applique une sorte de pointeau *x*, chargé d'un poids et suspendu à l'extrémité d'une petite bascule *y*, terminée par une saillie, qui, lorsque tout le système mécanique remonte, vient toucher le bord inférieur de l'espèce d'équerre en fer *z*, que l'on voit boulonnée vers le bout de la traverse supérieure K. Alors le pointeau *x* est soulevé et se dégage du trou pratiqué dans le bras de la roue R. C'est en ce moment que le changement doit s'opérer : toutes les roues sont libres et peuvent faire la demi-révolution qui leur est imprimée. Puis, quand le système redescend, la bascule tend à reprendre sa position primitive, et le pointeau retombe dans le trou diamétralement opposé de la même roue R, afin de la maintenir dans sa position, et par suite retenir de même toutes les autres, ce qui assure que les pinces resteront comme solidaires avec les règles, et descendront bien verticalement pendant tout le temps du peignage.

Nous devons remarquer que pour permettre de varier la position du tambour peigneur, et la mettre exactement en rapport avec celle des cylindres à brosses et à cardes, les paliers ou coussinets *c*, sur lesquels portent et tournent les tourillons de son arbre B (fig. 10), sont rapportés chacun sur une semelle en fonte dressée, qui, à l'aide d'une vis de rappel c^2, les fait avancer à droite ou à gauche, de la quantité nécessaire.

On a aussi le soin de se garantir dans cette peigneuse des peignes du grand tambour et des engrenages, par un grillage en fer que l'on peut enlever au besoin, pour graisser, nettoyer et réparer quelques parties.

TRANSMISSION DE MOUVEMENT.

La commande, dans cette peigneuse, a lieu aussi par l'arbre du cylindre à brosses, comme dans la première ; ainsi cet axe porte, à l'une de ses extrémités, deux poulies égales P′ et P^2, de $0^m 30$ de diamètre seulement, dont l'une est fixe et lui transmet une vitesse de rotation qui, en moyenne, est de 175 à 180 tours par minute, l'autre est folle pour arrêter le mouvement quand il est nécessaire. La courroie, qui embrasse alternativement la circonférence de ces poulies, traverse le plancher sur lequel la machine est placée, parce que l'arbre moteur est situé au-dessous.

A cette extrémité de l'axe *f* est seulement l'excentrique circulaire *a′*, embrassé par un collier qui fait corps avec la petite tringle *b′*, laquelle se relie au court levier *d′*, qui est rapporté sur le bout de l'axe en fer *i* du peigne droit G, afin de transmettre à celui-ci le mouvement alternatif qu'il doit avoir, pour qu'il détache du cylindre à carde D toutes les étoupes que lui ont apportées les brosses du tambour C.

A l'autre extrémité du même axe *f* est un pignon droit *e′*, de 20 dents et $0^m 082$ de diamètre primitif, lequel engrène avec un intermédiaire *f′*,

ajusté sur un simple goujon fixé au côté du bâti O : ce pignon intermédiaire est double du premier, et porte par conséquent 40 dents ; il engrène avec une roue droite Y, qui est également considérée comme intermédiaire et solidaire avec un pignon de rechange *h'* ; le boulon qui sert d'axe commun à ces deux derniers engrenages traverse une coulisse droite pratiquée dans l'épaisseur du bâti, afin de lui permettre de changer de place, quand il est nécessaire de changer les rapports de vitesse entre les cylindres et le tambour peigneur, comme on change celui qui doit exister entre ce dernier et les pinces.

La roue Y engrène avec une roue égale Y', montée sur l'arbre B du peigneur ; cette roue a 100 dents comme celle-ci ; par conséquent, le rapport entre cet arbre et le premier *f* est réellement de 20 à 100 ou de 1 à 5 ; il fait donc 36 révolutions par minute quand les poulies en font 180. Puisque le tambour porte 40 peignes, chaque poignée de lin suspendue à sa pince respective peut recevoir dans le même temps

$$36 \times 40 = 1440 \text{ coups},$$

c'est-à-dire que les mêmes filaments pourraient être touchés 1440 fois par minute, s'ils étaient constamment près de la circonférence du grand tambour peigneur.

Le cylindre à brosses, qui marche à la vitesse de la poulie de commande P', fait aussi 180 révolutions par minute, et comme il porte sur son pourtour extérieur 6 brosses placées à égale distance, c'est comme s'il y avait

$$180 \times 6 = 1080$$

brosses passant une fois, ou une seule brosse passant 1080 fois sur les dents des peignes, pour en détacher les brins d'étoupe dont celles-ci se garnissent.

Le diamètre mesuré à l'extrémité des brosses étant de 0^{m}370, la circonférence extérieure est égale à

$$3.1416 \times 0^{m}370 = 1^{m}162,$$

donc la vitesse à cette circonférence est de

$$\frac{1^{m}162 \times 180}{60} = 3^{m}486 \text{ par } 1'.$$

Quant au dépouilleur du cylindre à cardes D, il est commandé par le pignon intermédiaire et de rechange *h'*, qui engrène avec la roue droite Z, placée à l'extrémité de son axe, et qui porte 120 dents ; par conséquent, si nous supposons que le pignon *h'* en ait 20, le rapport entre ces deux engrenages est de 1 à 6 ; et comme celui qui existe entre le premier pignon *e'* et la roue droite Y est de 1 à 5, il en résulte que l'axe du dépouilleur ne fait que 1 tour pour 30 révolutions de l'axe des brosses,

$$\text{soit } \frac{180}{30} = 6 \text{ tours par } 1';$$

son diamètre, au bout des dents, étant de 0m284, sa vitesse à la circonférence devient alors

$$\frac{3.1416 \times 0^{m}284 \times 6}{60} = 0^{m}0892 \text{ par } 1'';$$

et comme celle du tambour peigneur est de

$$\frac{1 \times 3.1416 \times 36}{60} = 1^{m}885,$$

ainsi la carde marche au moins 21 fois moins vite que le peigneur, tandis que les brosses au contraire marchent près de 2 fois plus vite, soit exactement 1.81.

Un pignon droit p', rapporté aussi sur l'arbre du grand tambour, engrène avec une roue intermédiaire Z', qui a pour objet de commander l'axe l des excentriques, en engrenant avec une autre roue semblable Z^2, montée sur l'une des extrémités de celui-ci. Ces deux dernières roues ont chacune 120 dents, et le pignon p' en a 32; par conséquent le rapport qui existe entre cet axe et celui du tambour est seulement comme

32 : 120 ou 1 à 3.75,

c'est-à-dire que quand ce tambour fait 36 révolutions dans une minute, les excentriques montés sur l'arbre l en font 9.6, lorsque le pignon de commande p' a 32 dents et 0m130 de diamètre primitif.

Avec un pignon de 36 dents le rapport serait de

36 à 120 ou 1 à 3.33,

et par conséquent on aurait

$$36 \div 3.33 = 10.7.$$

Mais si le pignon est réduit à 24 dents, comme cela a lieu dans certains cas, pour des lins qui demandent à être plus longtemps peignés, le rapport devient

24 ÷ 120 ou 1 à 5,

et alors les excentriques ne font plus que

$$\frac{36}{5} = 7^{t}2 \text{ par } 1'.$$

Avec un pignon plus petit, de 20 dents par exemple, la vitesse excentrique se réduit à

$$\frac{36}{6} = 6 \text{ tours par } 1'.$$

Ainsi, en changeant les pignons, comme il est utile de le faire pour les diverses natures de lins, on varie la vitesse angulaire des excentriques, et par suite la marche même des pinces, qui s'avançant alors plus ou moins rapidement, permettent aux mèches de lin d'être moins ou plus souvent remontées par les dents des peignes.

Or, on a vu que 8 pinces, et par conséquent 8 mèches ou poignées de lin, étaient soumises à l'action de la machine, à la fois sur toute la longueur du grand tambour. A chaque révolution des excentriques N, une pince sort de l'appareil pendant qu'une nouvelle arrive et se présente à l'action des peignes. Lors donc que ces excentriques font 6 tours par 1′, on peut dire qu'on obtient 6 mèches de lin peignées d'un bout : s'ils en font 9 ou 10, il y aura également 9 à 10 mèches.

Ces mèches sont peignées des deux côtés, car on se rappelle que sur les 8 pinces, il y en a toujours la moitié qui fait une demi-révolution, afin de présenter successivement chaque côté à l'action des peignes. Ce demi-tour est produit toutes les fois que les pinces changent de place, puisque l'excentrique ou la came X, qui détermine la rotation, est montée sur le même arbre que les premiers excentriques N.

Par conséquent, lorsque ces excentriques font 6 tours par 1′, les pinces sont retournées alternativement 6 fois, et comme alors elles restent sur toute l'étendue de la table du tambour peigneur,

$$\text{soit } \frac{8}{6} = \frac{4}{3} = 1' \, 1/3,$$

ou 80 secondes,

$$\text{soit } \frac{8}{8} = 1' \text{ ou } 60'',$$

soit encore, pour les marches plus rapides,

$$\frac{8}{10} = \frac{4}{5} = 48'',$$

chaque mèche est réellement peignée sur chaque face, au maximum, pendant au moins 40 secondes, en moyenne pendant 30 secondes, et au minimum pendant 24 secondes, si on ne tient pas compte toutefois du temps nécessaire pour remonter les pinces à chaque changement de position, ce qui se fait toutefois assez rapidement et n'exige pas plus de 4 à 5 secondes.

Quant à la brosse héliçoïde F, elle est simplement commandée au moyen des petites roues droites l', m', n' (fig. 10), qui lui donnent une vitesse angulaire double de celle de la carde.

ALIMENTATION ET TRAVAIL DE LA PEIGNEUSE.

Cette machine est aussi desservie par quatre enfants, dont deux sont placés à une table située en tête, et sont constamment occupés, l'un à prendre

uccessivement les poignées de lin brut, qui a été préalablement coupé n 2 ou en 3, et à l'étendre entre chaque pince dont il serre ensuite l'écrou apidement pour le porter aussitôt à l'entrée du chemin de fer, où elle st bientôt prise par la touche et poussée en avant. Ce premier enfant a e soin, dans cette opération, de disposer les poignées de telle sorte que la partie la plus longue qui désaffleure la pince soit celle qui se trouve du côté du bout coupé et qui doit être peignée la première, afin de ne pas faire de confusion dans le travail.

Le second enfant est chargé de recevoir les pinces qui portent les poignées de lin sortant de la machine, mais dont un bout seulement, celui du côté coupé, a été peignée, et qui lui sont successivement apportées par un troisième. Il ouvre alors chaque pince, en retire la poignée de lin, qu'il retourne, et étend sur une autre mâchoire toute prête, puis il la serre dans la partie peignée, afin de laisser saillir l'autre bout, qui est le plus long, comme étant justement la portion correspondante au pied ou à la tête de la plante. Il porte ensuite cette pince à l'entrée de la machine, afin qu'elle soit prise à son tour par la touche et poussée de même en avant.

Ce service se fait avec une très-grande célérité. Il ne peut en être autrement, puisque, comme on vient de le voir, la machine fournit de 6 à 10 mèches peignées par minute. Et cependant, malgré cette promptitude, cette activité avec laquelle les enfants sont obligés de travailler, il n'y a pas d'erreur, pas d'hésitation, pas de confusion dans la suite des opérations. Ils s'entendent toujours très-bien de manière que, lorsque l'un apporte à la peigneuse une pièce chargée de lin brut, l'autre lui apporte ensuite une pièce chargée de lin peigné d'un bout, et ainsi successivement, de sorte que sur les 8 pinces qui sont constamment sur l'appareil, il y en a toujours 4 qui portent des poignées non peignées, et 4 autres qui portent au contraire des mèches peignées d'un bout. Le contre-maître de l'atelier peut sans peine vérifier si cette disposition existe, en jetant un simple coup d'œil sur la machine, parce que les filaments des 4 dernières sont plus longs que ceux des 4 premières.

Le troisième enfant est occupé, comme nous venons de le dire, à aller d'une extrémité à l'autre de la machine, pour chercher des pinces qui ont les mèches peignées d'un bout et les apporter à celui qui est chargé de les ouvrir et de les changer afin de remettre ces mèches dans d'autres pinces. On aurait pu disposer une sorte de chariot qui aurait fait ce service en prenant ces pinces à la sortie de l'appareil, et en les ramenant à la table située près de la tête. Mais ce serait d'une faible économie, et M. Brière, qui, en manufacturier éclairé et en bon père de famille, apporte tous ses soins à veiller à la santé de tout le personnel qu'il emploie dans ses ateliers, préfère avoir un enfant de plus attaché au service de la peigneuse, afin qu'il puisse au besoin aider les autres, leur faciliter leur besogne ou remplacer celui qui serait indisposé.

Le quatrième enfant est chargé de retirer de la peigneuse les pinces dont les mèches sont peignées des deux bouts; placé à une seconde table située près de la sortie, c'est-à-dire à l'autre extrémité de la machine, il ouvre successivement chacune de ces pinces, en enlève les poignées de lin peigné qu'il superpose les unes sur les autres après les avoir partagées en deux parties égales, et en ayant le soin de les mettre en croix, entre les tiges verticales qui surmontent le disque ou le plateau de bois, au moyen duquel on les porte à la filature.

On peut, d'après ces indications et ce que nous avons déjà dit plus haut au sujet de la première machine, estimer la quantité de travail qu'une telle peigneuse est capable de donner, avec ces quatre enfants chargés de son entretien,

Ce travail est sensiblement plus considérable que celui obtenu sur la peigneuse à excentrique, mais remarquons aussi qu'elle s'applique à des lins d'une qualité ordinaire, du prix de 150 à 160 fr. les 100 kilogr., et destinés à faire des numéros moyens de 30 à 40, tandis que sur la première on peigne les lins les plus fins, dont le prix s'élève souvent à 250 ou 300 fr. les 100 kilogrammes.

GALVANOPLASTIE.

PROCÉDÉS DE MOULAGE.

SYSTÈME PERFECTIONNÉ

Par MM. LEFÈVRE et THOURET.

(Brevetés pour quinze ans, du 21 novembre 1850.)

On a pu admirer comme nous, à l'Exposition de Londres, les beaux échantillons de galvanoplastie obtenus par le procédé fort ingénieux dont un artiste de Paris, M. Lefèvre, est l'inventeur. Malheureusement perdus dans la foule d'un grand nombre d'autres produits, ils n'ont sans doute pas été aussi bien examinés qu'ils auraient pu l'être dans d'autres circonstances. Quoi qu'il en soit, ils ont été goûtés par le public, et aujourd'hui on en fait un véritable commerce.

Avant de décrire ce procédé, breveté en France et à l'étranger, par MM. Lefèvre et Thouret, nous allons donner, d'après M. le docteur Boulogne, la description des méthodes pratiquées antérieurement, soit pour la reproduction des médailles, des bas-reliefs, des cachets, des statuettes, soit pour celle de tous ces jolis ornements qui donnent en relief, et au plus bas prix, les œuvres les plus remarquables de la sculpture.

La première opération à laquelle doit songer celui qui veut s'occuper de galvanoplastie est la préparation des moules, l'objet que l'on veut reproduire étant souvent de nature à être altéré par des dissolutions salines que l'on emploie.

Les substances que l'on emploie pour préparer les moules sont le plâtre, la cire, la stéarine, le métal fusible, le cuivre obtenu par dépôt galvanique, la gélatine, la gutta-percha.

MOULES DE PLATRE. — On commence par entourer la médaille ou le cachet d'une bande de carton très-mince, qui forme autour de l'objet à reproduire un rebord plus ou moins élevé, suivant la saillie des reliefs que présente l'original.

On prend du plâtre de mouleur, aussi fin que possible, que l'on délaie dans une quantité suffisante d'eau, pour avoir une bouillie claire.

En même temps, avec un pinceau à poils longs et fins, on recouvre le modèle d'une légère couche d'eau de savon; puis, avec un pinceau de

blaireau à poils courts, on place une première couche de plâtre ayant 1 ou 2 millimètres d'épaisseur.

Il faut tamponner avec le pinceau pour faire pénétrer le plâtre dans tous les creux que présente le modèle.

On achève ensuite de recouvrir le moule en versant le plâtre délayé, jusqu'à ce que la couche ait une épaisseur convenable.

On frappe alors le moule très-légèrement sur une table, en ayant soin de le tenir horizontalement.

Les petits coups, réitérés durant quelques minutes, font sortir toutes les bulles d'air qui auraient pu rester logées dans les creux et achèvent d'y faire pénétrer le plâtre. Au bout de quelque temps, le moule ayant pris assez de consistance, on le sépare de l'original, et cette opération est facilitée par la légère couche d'eau de savon dont on a fait précéder la couche de plâtre.

Si l'on emploie la cire, la stéarine ou un mélange de ces deux substances, on opère en versant la substance fondue sur la médaille que l'on a préalablement chauffée pour empêcher un refroidissement brusque du mélange plastique. En outre, on a eu soin de l'entourer de carton et de l'enduire d'une légère couche d'huile pour empêcher l'adhérence qui se ferait immanquablement.

Il faut également avoir soin de chasser les bulles d'air qui s'interposeraient entre l'empreinte et l'objet à mouler.

Mais il arrive souvent qu'on ne peut prendre une empreinte que sur un moule en plâtre : on commence alors par l'entourer d'un carton mince, ou bien d'un ruban métallique et on le place dans une assiette au fond de laquelle se trouve une couche d'eau tiède, dont on peut maintenir la température à l'aide d'une lampe à alcool.

Le médaillon absorbe l'eau par sa surface inférieure qui est en contact avec le liquide et qui s'imbibe peu à peu.

Lorsque l'humidité est arrivée à la face supérieure du plâtre, on verse lentement la composition fondue, après avoir eu soin d'enlever avec un pinceau toutes les bulles d'air qui en recouvrent la surface.

Cette précaution est indispensable toutes les fois que l'on veut faire des moules en cire ou en stéarine qui reproduisent tous les détails de l'original.

Les moules en cire pure ou en stéarine ont des inconvénients : la cire a trop de liant et pas assez de résistance, la stéarine est trop fragile ; il vaut mieux employer un mélange de stéarine et d'un peu de cire.

Chacun peut, du reste, arriver à faire de très-bons moules en employant différents mélanges. Ceux qui suivent ont donné de très-bons résultats :

Stéarine.	2 parties.
Cire.	2 —
Plombagine pulvérisée. . .	1 —

Cette composition se sépare très-bien de la médaille au bout d'une demi-heure.

Cire blanche.	1	partie.
Céruse.	1	—

Les moules ainsi obtenus sont très-lisses, durs, et se détachent parfaitement si toutes les précautions que nous avons indiquées ont été prises.

Emploi de l'alliage fusible.—Du plomb.—Lorsqu'on fond ensemble du plomb, du bismuth et de l'étain pris en proportion convenable, on obtient divers alliages dont quelques-uns sont fusibles à des températures inférieures à celle de l'eau bouillante.

Ces alliages, découverts par M. Darcet, peuvent servir à la production de moules pour la galvanoplastie; ils ont sur ceux qui précèdent l'avantage d'être bons conducteurs de l'électricité, et de permettre par conséquent au dépôt métallique de s'effectuer à leur surface sans aucune précaution préalable.

L'alliage le plus convenable est formé de :

Bismuth.	8	parties.
Plomb.	8	—
Étain.	3	

On fait fondre les trois métaux ensemble dans un creuset que l'on verse sur une table bien sèche, de façon à diviser le contenu en gouttes qui se solidifient séparément.

Quant on veut employer cet alliage, on en fait fondre une certaine quantité et on le verse dans une soucoupe où il s'étend en une large surface, aplatie et circulaire, de dimension un peu plus grande que celle de la médaille qu'on doit reproduire, puis on laisse tomber celle-ci de quelques centimètres de haut sur le métal au moment où il commence à devenir pâteux.

Cet instant est assez difficile à saisir; il se manifeste par un changement dans la surface du métal, qui de brillante devient mate.

La médaille doit être très-froide pour que l'expérience réussisse.

On arrive plus facilement en suivant un autre procédé opératoire :

On met l'alliage, dès qu'il est en pleine fusion, dans le couvercle d'une boîte en carton un peu plus grande que la médaille, puis on agite le métal fondu avec un fil de fer chauffé au rouge, jusqu'à ce qu'il commence à se solidifier.

Au moment où le métal forme une masse pâteuse et homogène, on applique dessus la médaille préalablement chauffée : on l'appuie fortement avec un tampon de liége.

On ne détache le moule que lorsqu'il est tout à fait froid et complétement solidifié.

En faisant fondre l'alliage, il faut veiller à ce qu'il ne présente aucune trace d'oxydation; pour cela, il ne faut pas le maintenir trop longtemps en fusion.

Si l'on aperçoit quelques pellicules d'oxyde, on les retire avec une carte.

On obtient encore de bons moules en prenant une feuille de plomb laminé n'ayant pas plus d'un millimètre d'épaisseur : on a soin d'abord de la laver à la potasse caustique pour enlever les matières étrangères qui pourraient en altérer la surface.

On pose cette feuille sur la médaille dont on veut avoir l'empreinte; puis, on place par dessus une feuille de carton mouillé, ou, mieux encore, plusieurs feuilles de papier gris également mouillé et, avec une presse ou un marteau à large tête, on force le plomb à pénétrer dans tous les creux de la médaille.

Le dépôt galvanique peut lui-même servir de moule pour reproduire des cachets, des médailles, etc... ; c'est dans ce cas un moule métallique sur lequel il est très-facile d'obtenir un nouveau dépôt reproduisant l'original dans toute sa pureté.

Les différents moyens que nous venons de passer en revue sont très-bons pour tout ce qui n'a qu'un relief assez faible ; mais ils seraient totalement impuissants pour reproduire ces bas-reliefs, ces petits meubles si riches sur lesquels les personnages se détachent en ronde bosse et dont tous les détails sont fouillés comme par un habile burin.

Quand même il serait possible de faire pénétrer dans toutes les anfractuosités d'un tel sujet les mélanges plastiques qui précèdent, on ne pourrait détacher le moule sans en laisser une partie adhérente à tous ces détails si profondément creusés.

En effet, en voyant ces belles chasses dans lesquelles, chiens, chevaux et chasseurs ont l'air de s'élancer hors du bas-relief, qui ne s'est demandé par quel ingénieux artifice la galvanoplastie peut reproduire tous ces détails, dont il est impossible de prendre l'empreinte par un moulage ordinaire.

L'artifice paraît simple à celui qui le sait, mais quelle richesse de résultat !

Il fallait trouver des moules élastiques, pouvant se couler dans tous ces fouillés, remplir toutes ces lignes, et qu'il fût possible de les en arracher ensuite sans les briser, sans en altérer la forme ni la pureté.

Tel était le problème, il a été résolu ; et dans les ateliers de M. Christofle, pour obtenir des bas-reliefs d'orfévrerie d'argent, dont le travail serait immense s'il fallait les travailler au burin, on emploie les moules que nous allons décrire :

On prend 20 parties de gélatine et 2 parties de caramel, dissous dans assez d'eau chaude pour faire une pâte qui devient solide en refroidissant.

On verse cette composition chaude sur le modèle, on laisse refroidir et l'on arrache le moule.

C'est à l'aide de ce moule élastique que l'on prend ensuite un moule solide en y versant la composition suivante :

Cire jaune.	24 parties.
Graisse de mouton. . . .	12 —
Résine.	4 —

Cette composition est employée tiède : elle offre beaucoup de solidité.

Dans quelques ateliers, on emploie depuis peu de temps une substance dont les applications industrielles sont déjà très-nombreuses, c'est la gutta-percha.

Les moules de gutta-percha ont l'avantage d'être tout à la fois élastiques, mous à une certaine température et très-solides à la température ordinaire.

M. Gueyton, fabricant à Paris, s'est fait breveter le 20 janvier 1851, pour ce mode de moulage par l'application de la gutta-percha.

Voici maintenant le système décrit dans le brevet de MM. Lefèvre et Thouret. Il repose, comme on va le voir, sur l'emploi des matières gélatineuses, en les rendant insolubles dans les bains galvaniques, et même conductrices de l'électricité.

Supposons un modèle quelconque dont on se propose de reproduire la copie en métal par la galvanoplastie. On commence par encadrer ce modèle d'un châssis en matière non conductrice, et de le couvrir sur les parties les plus saillantes, de fils ou corps métalliques très-minces, qui permettent de mettre le moule, quand on le plonge dans le bain galvanique, en communication avec la pile électrique, on coule alors sur ce modèle du côté que l'on veut reproduire, et qui reçoit les fils ou les corps conducteurs en métal, de la colle-forte ou de la gélatine en fusion, c'est-à-dire chauffée au degré convenable. Cette substance remplit nécessairement tous les creux du modèle et vient jusqu'aux parties les plus saillantes en affleurant ou recouvrant même les fils métalliques. Pour préserver le moule nous couvrons toute la surface opposée au modèle, d'une couche de vernis ou d'autre matière grasse qui empêche la gélatine de se dissoudre dans le bain où l'on doit opérer. Si alors on retire, après le refroidissement, le châssis du modèle, on a un moule en gélatine, qui, d'un côté, reproduit en creux tout ce qui est en relief sur le modèle et réciproquement. On saupoudre cette face de poudre métallique très-fine.

Ce moule ainsi préparé est très-propre à reproduire en métal, au moyen de la pile, la copie exacte du modèle jusque dans ses plus petits détails.

Ainsi, en le plongeant dans le bain galvanique et en le mettant en communication avec la pile au moyen des fils métalliques dont il est garni, si dans ce bain on introduit un anode quelconque en cuivre, en argent ou en d'autres métaux simples ou composés, toute la surface du moule qui a

pris l'empreinte du modèle et qui se trouve évidemment placée du côté de l'anode, se couvre du même métal dans toutes ses parties, suivant une certaine épaisseur proportionnelle au temps pendant lequel tout le système reste plongé dans le bain.

Après cette opération il suffit, pour obtenir la pièce que l'on s'est proposé de reproduire, de détacher la gélatine, soit en la faisant fondre, soit de toute autre manière, en enlevant en même temps les fils ou les corps métalliques qui font partie du moule.

De cette sorte on reproduit les objets d'art les plus riches comme les plus simples, avec la plus parfaite exactitude, avec une très-grande économie de temps et de main-d'œuvre, et, nous ne craignons pas de le dire, avec une perfection extrême que l'on n'avait jamais pu obtenir auparavant. Ce procédé présente donc des avantages notables sur ceux qui ont été employés jusqu'ici.

On voit qu'il repose, comme nous l'avons dit en commençant, sur l'emploi de substances glutineuses que les inventeurs sont parvenus à rendre parfaitement conductrices de l'électricité, par les fils métalliques et sur le moyen de garantir ces substances de la dissolution, lorsqu'elles sont plongées dans le bain galvanique.

MODE DE PRÉPARATION DES GARANCES ET DU MUNJEET,

PAR M. C.-A. KURTZ.

Ce mode consiste à préparer les garances en racine ou en poudre, quelle que soit leur provenance, et le munjeet, tige ou racine, en les combinant avec des liqueurs préparées qui tendent à produire la fermentation.

On prépare le bain de la manière suivante :

On prend 10 kilogrammes de malt d'orge passé au moulin, qu'on fait bouillir dans 500 litres d'eau pendant 20 à 30 minutes. Après quoi on y mêle 20 à 25 kilogrammes de son, et on abandonne la liqueur jusqu'à ce que le malt et le son tombent au fond; la liqueur est alors tirée au clair et le résidu filtré. A 250 et 300 litres de cette liqueur, on ajoute 500 litres d'eau d'une température telle que le mélange soit à 40 et 45° cent. Cette liqueur est versée dans une cuve d'une capacité de 12 à 14 hectolitres, et on y ajoute 140 à 150 kilogrammes de garance et de munjeet; le tout est brassé avec soin à des intervalles de 10 à 15 minutes, jusqu'à ce qu'on obtienne une masse homogène. On laisse en repos jusqu'aux premiers symptômes de fermentation qu'on arrête par une agitation qu'on répète plusieurs fois pendant une période de 15 à 18 heures. On filtre alors la masse, on la soumet à la presse, on la fait sécher, la pulvérise et l'empaquette pour l'usage.

On peut employer d'autres grains que le malt d'orge et le son pour préparer le bain de fermentation, ainsi que des températures ou des proportions différentes, mais le principe de l'opération reste le même.

APPAREILS

POUR LA FABRICATION DU GAZ

PROPRE A L'ÉCLAIRAGE (1).

Toutes les données théoriques et pratiques donnent la preuve que dans les conditions actuelles de construction, les fourneaux n'utilisent guère plus du cinquième ou du sixième de la chaleur produite, et que les pertes peuvent être attribuées à la mauvaise disposition des foyers, qui ne permet pas de profiter suffisamment de la chaleur rayonnante; aux pertes qui sont dues au rayonnement de la masse du fourneau; à l'introduction dans le fourneau d'un volume d'air plus considérable que celui nécessaire à la combustion; enfin, à une combinaison insuffisante des gaz combustibles avec l'oxygène de l'air.

Les causes du mal étant connues, il semble qu'il soit facile d'y remédier; cependant, il faut bien le dire, elles n'ont été jusqu'ici qu'en partie atténuées, et il reste encore beaucoup, mais beaucoup, à faire avant de pouvoir se vanter d'y avoir réussi.

L'emploi de cornues en terre semble faire profiter le plus possible de la chaleur, par la possibilité de les placer directement et sans aucune interposition au-dessus du foyer; ce qu'on ne pourrait faire avec les cornues en fonte, sans s'exposer à les fondre ou à les brûler.

Mais, dans l'espèce qui nous occupe, l'emploi des cornues en terre ne saurait être recommandé, surtout pour des appareils de 100 à 200 becs, à cause de l'irrégularité du service, qui entraînerait promptement leur destruction.

Les cornues en terre peuvent être, il est vrai, la source d'économies assez considérables, pour de grandes usines, au point de vue des frais généraux, d'entretien, ou de renouvellement, parce que, indépendamment de ce qu'elles coûtent moins cher que les cornues en fonte, elles durent aussi plus longtemps, quand elles fournissent un service non interrompu; mais ce serait un tort que de vouloir ajouter à ces avantages, qui sont incontestables, ceux qui devraient résulter d'un chauffage plus immédiat, comme aussi d'en induire que la dépense en combustible doit être moindre. Il ne faut pas oublier que l'épaisseur des cornues en fonte est de 0,03; que

(1) Extrait du numéro 4 du *Journal de l'éclairage au gaz*.

celle des cornues en terre est de 0,07 à 0,08; que la fonte est bon conducteur de la chaleur, tandis que la terre en est un très-mauvais; qu'une cornue en fonte se chauffera plus facilement et transmettra plus de calorique rayonnant à une masse de houille qu'une cornue en terre, et que, toutes compensations établies, les conditions d'économies d'achat, de durée et d'entretien devant être écartées, tout l'avantage appartient aux cornues en fonte dans la question de leur application aux appareils particuliers, comparativement avec les cornues en terre.

Il faut donc protéger les cornues contre l'action trop directe du calorique ; seulement, au lieu de le faire au moyen de voûtes épaisses, percées sur les côtés d'étroits carneaux, laissant à peine un passage à la flamme, il faut les asseoir sur des plaques en terre réfractaire de 0,05 d'épaisseur, posées sur les pieds-droits du foyer.

L'humidité du sol sur lequel reposent les fourneaux, peut augmenter considérablement la perte du calorique. Il sera donc toujours avantageux de construire le fourneau sur une voûte qui ne laissera la maçonnerie en contact qu'avec une couche d'air; on sait d'ailleurs que la perte de chaleur par rayonnement est beaucoup moins grande dans l'atmosphère qu'au contact du sol ; c'est pourquoi nous recommandons aussi l'interposition des couches d'air dans l'intérieur des massifs. Nous avons par ce moyen diminué les pertes qui résultent du rayonnement, et pu éviter d'augmenter outre mesure les épaisseurs de maçonnerie. Les précautions que nous recommandons ont une importance telle que, pour mieux la faire comprendre, nous ne pouvons résister au désir de reproduire un passage du *Traité de l'Éclairage*, publié par M. Magnier.

Nous lisons, chapitre IV, page 112 : « La quantité de chaleur perdue (par le rayonnement) reste dans les proportions exactes des excès de température, c'est-à-dire que, pour une épaisseur de 0,11, si l'intérieur du fourneau, au lieu d'être à 100°, est à 200°, au lieu de 366,4, on aura 732,8 calories perdues.

« Ainsi, supposons que la température moyenne de l'intérieur soit 900°, et que l'on veuille connaître la perte par le rayonnement pour une épaisseur de brique de = 0,44 ; nous aurons 9 × 129,1 = 1162 unités calorifiques par heure et par mètre carré.

« Si l'on admet que la surface intérieure du fourneau, qui se trouve à cette température, soit de 16 mètres carrés, ce qui correspond à peu près à un four à cinq cornues ; si, de plus, l'épaisseur uniforme est de 0,44, on trouve que la quantité de chaleur perdue par heure serait de 1162 × 16 = 18592 unités calorifiques.

« On appelle unité calorifique la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré centigrade la température d'un kilogramme d'eau, et l'on sait qu'un kilogramme de houille développe par sa combustion environ 6000 unités calorifiques.

« Maintenant, si nous voulons savoir combien de kilogrammes de char-

bon sont nécessités par cette cause de pertes, en admettant comme exacts les chiffres ci-dessus, nous devrons diviser 18592 par 6000, ce qui donnera 3 kil. 099 par heure;

« Si la distillation complète dure six heures;

« Si l'on emploie 115 litres ou 92 kilog. de houille à chaque opération, et que les deux tiers au moins de la chaleur soient emportés par les gaz brûlés;

« Il en résultera d'abord une perte de 18 kil. 594; plus, 61 kil. 33; ce qui équivaut, sur 92 kil. de houille, à une perte d'à peu près 80 kilog. »

Nous nous sommes étendu suffisamment sur les moyens de parer aux inconvénients relatifs au rayonnement des massifs. Il nous reste à parler de l'introduction dans le fourneau d'un volume d'air plus considérable que celui nécessaire à la combustion, et enfin de l'incomplète combustion des gaz combustibles. Le premier de ces deux cas est un écueil difficile à éviter. Ainsi, pour transformer 200 gr. d'oxygène en acide carbonique, il faut 76 gr. de carbone; pour 1 kil. de carbone, il faut 2 kil. 63 d'oxygène; en volume $1^{m.c.}85$, et par conséquent $8^{m.c.}88$ d'air atmosphérique.

La combustion de 1 kil. d'hydrogène exige 8 kil. d'oxygène, ou $26^{m.c.}66$ d'air atmosphérique; il faudrait donc $9^{m.c.}$ d'air pour brûler 1 kil. de houille, et $7^{m}50$ pour 1 kil. de coke; mais on est forcé, dans la pratique, de s'écarter de ces données et de faire traverser dans les foyers jusqu'au double de la quantité d'air qui est nécessaire pour une combustion parfaite. On se trouve donc dans la nécessité de chauffer inutilement 9 mètres cubes d'air, en poids 11 kil. 69, par kil. de houille, qui, abandonnés à une température de 900 à 1,000 degrés, enlèvent en pure perte une somme de calories qui peut aller à 2808; et comme 1 kilog. de houille ne développe par sa combustion que 7050 calories, on reconnaît que plus d'un tiers de l'effet total peut être enlevé en pure perte. Cependant, lorsqu'on diminue l'appel d'air au moyen d'un registre, la flamme augmente aussitôt en longueur. Il se forme beaucoup d'oxyde de carbone dont la combustion est incomplète, et il s'en échappe une plus grande quantité qui n'a pas trouvé assez d'air pour être brûlé. (*Voir* d'Hurcourt, *Traité de l'Éclairage au gaz.*)

Enfin, un litre de vapeur de carbone, qui pèse $1^{gr.}077$, développe, en se combinant avec 2 litres d'oxygène, pour former de l'acide carbonique, 7858 calories, tandis qu'il n'en développerait que 1598 en se combinant avec un litre d'oxygène, pour former de l'oxyde de carbone.

D'après cela, le doute n'est plus possible; il faut envoyer un excès d'air dans le fourneau, au risque d'atténuer un peu par le refroidissement l'intensité de la chaleur produite; ce qui vaudra mieux encore que de donner lieu à la formation d'une quantité considérable d'oxyde de carbone qui s'échapperait sans pouvoir brûler.

Quant à éviter la perte résultant de la formation et de la sortie du foyer d'oxyde de carbone, au lieu d'acide carbonique, ce qui, comme nous ve-

nons de le dire, fait une différence considérable dans la somme de chaleur produite par une quantité donnée de combustible, c'est une tâche difficile pour l'accomplissement de laquelle il a été exposé bien des théories, et qui ne nous paraît pas avoir été complétement remplie jusqu'ici.

Mais nous nous étions proposé, en commençant cet article, de nous renfermer rigoureusement dans l'exposé des faits, et d'indiquer simplement la disposition des fours qui nous ont le mieux réussi.

La nature du sujet nous a entraîné, malgré nous, dans le domaine de la théorie; nous tâcherons de n'y plus retomber, et nous plaçons de nouveau la question sur le terrain pratique.

Nous avons dit que les principales causes de pertes du calorique proviennent du rayonnement des massifs, d'une part; de l'humidité du sol, de l'autre, et enfin, de l'épaisseur de la maçonnerie interposée entre les cornues et le foyer. Nous avons indiqué les moyens de s'affranchir en partie de ces pertes. Il nous reste à parler des dispositions d'un fourneau, et nous le ferons toujours au point de vue des appareils particuliers, en prenant pour exemple les besoins de 150 à 200 becs à éclairer.

Pour fournir le gaz nécessaire à l'alimentation de 150 à 200 becs de fabrique, dont le maximum de durée d'éclairage sera de cinq à six heures par veillée, nous conseillerons d'employer un fourneau monté de deux cornues disposées pour être chauffées isolément, et chacune par un foyer séparé. Ces cornues auront 2^m40 de long, sur 0^m45 de large et 0^m30 de haut intérieurement; elles affecteront la forme d'un D renversé.

Chacune de ces cornues pourra être chargée d'un hectolitre de charbon dont la distillation pourra être faite en cinq heures, et *même en quatre, au besoin*, de manière qu'une seule cornue suffira à l'alimentation de 150 becs pendant tout le temps où la durée de l'éclairage ne dépassera pas six heures.

En effet, 150 becs brûlant pendant six heures, à raison de 140 litres l'un, dépenseront 126 mètres cubes de gaz, et 6 hectolitres de charbon de 80 kil. l'un, distillés en 24 heures, fourniront au minimum 132 mètres cubes de gaz. Pour 150 becs, la deuxième cornue ne serait donc qu'un *en-cas*, et pour 200 becs, elle ne servirait que pendant les plus courtes veillées.

Il suffira, pour obtenir ces résultats, de se conformer aux indications que nous allons fournir.

Chacun des foyers aura une largeur de 0^m33 sur 0^m70 de grille.

Les barreaux seront élevés de 0^m25 au-dessus du sol, et la cornue placée à 0^m60 au-dessus des barreaux.

Elle sera garantie du rayonnement direct du foyer par des pavés en terre réfractaire de 0^m05 d'épaisseur, ajustés à feuillure; ces pavés reposeront sur les pieds-droits du foyer, ils se prolongeront sur toute la profondeur du fourneau; l'un des pieds-droits ou mur de foyer sera plein, c'est-à-dire qu'il se continuera sans solution de continuité; l'autre, au

contraire, sera percé de carneaux de 0^m22 de large séparés par une maçonnerie de 0^m22 d'épaisseur, et qui prendront naissance sur le troisième rang de briques, au-dessus du niveau de la grille et s'élèveront jusque sous le pavé en terre qui supportera la cornue.

Ces différents carneaux communiqueront dans une galerie commune d'où la flamme s'élèvera pour envelopper la cornue sur toute sa longueur, et se rendre, en passant par trois ouvertures de 0^m11 sur 0^m16, dans une cheminée courante qui se trouvera ménagée dans la partie inférieure du massif du fourneau. Un courant d'air échauffé pourra être amené dans cette seconde partie de la cheminée, à l'effet de déterminer la combustion du gaz oxyde de carbone. Dans tous les cas, et en se conformant aux dispositions susmentionnées, on pourra opérer la distillation de 6 hectolitres de houille, soit 480 kil., en employant pour chauffage 7 hectolitres de coke, au *maximum*, ou celle de 4 hectolitres, soit 320 kil., avec 5 hectolitres pendant vingt-quatre heures.

Avoir un bon fourneau, c'est beaucoup sans doute; mais ce n'est pas tout : il faut encore savoir s'en servir.

Quelques théoriciens prétendent que les cornues ne doivent être chauffées qu'à 900°, c'est-à-dire au rouge cerise; qu'en excédant sensiblement cette température, la destruction des fourneaux est plus rapide, la dépense du combustible plus considérable, sans profit, et la qualité du gaz moins bonne.

La pratique ne nous paraît pas justifier cette assertion. En chauffant au rouge cerise, la distillation est lente, la production de goudron est considérable, la densité du gaz est faible, et la quantité obtenue laisse à désirer.

En chauffant à l'orangé clair (1200°), la distillation est rapide, la formation des vapeurs d'hydrocarbures plus complète, et par suite le gaz plus dense, quoique la quantité obtenue soit plus considérable. Enfin, la dépense en combustible pour chauffage est proportionnellement moindre. Il reste donc la question d'usure des cornues; mais elle peut se poser ainsi : est-il plus avantageux de ménager les cornues pour leur faire faire un service de trois campagnes, par exemple, et d'obtenir de chaque hectolitre de charbon 3 ou 4 m. c. de gaz de moins, que de les remplacer après deux campagnes et de leur faire produire par hectolitre 3 ou 4 m. c. de plus ?

Réponse: Une cornue, dans les dimensions indiquées pour l'alimentation de 150 becs, pèsera 900 kil. environ et coûtera 360 fr. Dans le second cas, la dépense pour entretien sera augmentée de 60 fr. par année, pour renouvellement de cornue; mais on dépensera, pour la production du gaz, 77 hectolitres de charbon de moins que dans le premier, et 77 hectolitres de charbon, à raison de 30 fr. les 1000 kil., représentent 184 fr. 80 c., ce qui constitue une différence de 124 fr. 80 c. à l'avantage du dernier.

Nous avons le regret de n'être pas d'accord, dans l'exposé qui précède, avec les auteurs qui ont traité avant nous le même sujet; nous nous bor-

nons à constater des faits qui ressortent d'une pratique assez connue déjà; cependant, nous nous proposons d'y revenir (1).

En attendant, nous nous résumons en disant qu'un appareil de fabrication pour un éclairage de 100 à 150 becs, par le gaz obtenu de la distillation de la houille, devra se composer comme suit :

FOURNEAU. — Un fourneau monté de deux cornues isolées, chauffées chacune par un foyer. Ces deux cornues seront en fonte de 0m03 d'épaisseur; elles porteront 2m20 de longueur, 0m45 de large sur 0m30 de haut intérieurement; elles seront garnies de leur tête de 0m35 de long, avec tuyau de tête de cornue, d'ascension, bonnet d'évêque, tuyau plongeur, tampons; le tout en fonte. Le massif du fourneau pourra être construit en briques ordinaires; mais les voûtes et toutes les parties intérieures du four, exposées à l'action de la flamme, seront en briques réfractaires de première qualité; 8 contre-forts en fonte, avec tirants en fer, entoureront ce massif pour en empêcher l'écartement.

La porte et son châssis, ainsi que le cendrier, seront en fonte. Nous avons indiqué les dimensions intérieures des fourneaux; nous ajouterons que le massif devra représenter un parallélogramme de 3m11 de large, 2m90 de profondeur et 2 mètres de hauteur. Ces dimensions peuvent être réduites, mais ce sera aux dépens du combustible.

Un *barillet* en fonte sera placé sur le massif en maçonnerie; mais il en sera isolé au moyen de supports, ou pieds-droits, en fonte ou en maçonnerie, de 0m50 de haut.

On devra disposer sur la façade du fourneau six regards en fonte, pour opérer sans difficulté le nettoyage du fourneau dans toutes ses parties. L'écoulement du goudron déposé dans ce barillet se fera par un tuyau en fonte de 0m054, placé sur ledit et plongeant dans une citerne à goudron.

RÉFRIGÉRANT OU CONDENSATEUR. — Nous indiquerons les dimensions d'un réfrigérant comme suit : nous donnerons 1m32 de long à la boîte et 0m72 de large; les tuyaux auront un diamètre de 0m081 et seront garnis d'un jeu de trois valves, soit hydrauliques, soit à coulisse, pour isoler au besoin le réfrigérant des autres parties de l'appareil et faciliter le nettoyage.

LAVEUR ET ÉPURATEURS. — Le laveur et les épurateurs, soit en fonte, soit en tôle, de 2 1/2 à 3 millimètres d'épaisseur, auront 1m10 de long, 0m60 de large, 0m75 de haut *intérieurement*. Pour un appareil destiné à l'éclairage de 100 becs, un laveur et un seul épurateur peuvent, à la rigueur, suffire; mais il ne ressortira de cette suppression qu'une économie insignifiante (650 fr. environ), eu égard aux inconvénients qu'elle pourrait causer.

Le *laveur* sera fermé par un couvercle fixé à demeure au moyen de

(1) Nous tiendrons nos lecteurs au courant de ce travail supplémentaire.

mastic et de boulons ; une cloison verticale le divisera en deux parties par le milieu. Cette cloison sera pleine, à partir de 0m85 au-dessous du niveau de l'eau dans le laveur, et en toile métallique pour la partie qui se trouvera plus bas.

Le gaz sera amené dans le premier compartiment. Son accumulation, après avoir fait équilibre à la colonne d'eau, la déplacera ; le niveau baissera d'un côté pour s'élever de l'autre, jusqu'à ce que les trous de la toile métallique se trouvent à découvert ; alors le gaz se précipitera par les ouvertures et traversera la colonne supérieure pour se rendre dans la seconde partie du laveur, d'où un tuyau semblable à celui d'arrivée le conduira dans les épurateurs.

Le laveur doit être garni d'un robinet de vidange, d'un robinet de niveau et d'un tube plongeur.

Les épurateurs seront fermés par un joint hydraulique assez connu pour que nous soyons dispensé de le décrire. Ils seront, comme le laveur, séparés par la moitié. Chacun des couvercles portera un robinet pour permettre l'introduction de l'air dans l'épurateur quand on voudra les enlever ; les claies destinées à supporter la mousse ou le foin et la chaux hydratée, seront en osier et au nombre de trois dans chaque compartiment.

Toutes les tôles servant à l'établissement de ces appareils devront être montées et ajustées sur cornières ou fers d'angles.

Les valves de distribution pour le laveur et les deux épurateurs seront au nombre de onze, indépendamment de celles dont il a été déjà parlé pour le réfrigérant.

Gazomètre. — 1° Un *gazomètre*, dont la cloche en tôle de 2 millimètres d'épaisseur, aura 5 m. de diamètre sur 3m 15 de haut.

2° *Un appareil de suspension* pour la cloche, formé de trois colonnes en fonte ou en bois, fixées par des boulons et des plates-formes dans la maçonnerie de la cuve, puis reliées entre elles par des entretoises en fer. Ces colonnes seront surmontées d'un couronnement à poulies pour recevoir les chaînes de suspension, qui porteront les contre-poids de la cloche.

3° *Six rouleaux* en bois, ou galets, seront fixés sur la cornière du bas de la cloche pour faciliter une ascension et garantir la maçonnerie.

4° *Deux siphons*, placés dans le puits adhérent à la cuve, sur les tuyaux d'introduction et de sortie du gaz dans le gazomètre. Ces siphons en fonte seront garnis de tubes plongeurs en fer, qui s'élèveront jusqu'au niveau du sol et serviront, à l'aide d'une pompe à main, à l'épuisement des eaux de condensation.

5° Les *tuyaux* d'introduction et de sortie seront garnis de deux valves hydrauliques ; ces tuyaux, comme tous ceux de distribution pour l'appareil de fabrication, seront en fonte et d'un diamètre de 0m 081.

Dans les conditions précitées, avec un seul épurateur, abstraction faite des frais de construction de la cuve en maçonnerie, des dépenses d'écha-

faudage de la cloche du gazomètre, un appareil de fabrication pour 100 becs coûterait environ 70 fr. par bec.

Les frais d'installation des tuyaux de distribution pour conduire le gaz aux becs peuvent être estimés à 25 fr. par bec, si les tuyaux sont en plomb, à 35 ou 40 fr. s'ils sont en fer.

Pour 150 becs, les dimensions du gazomètre étant seules augmentées et l'appareil d'épuration au complet, la dépense serait de 55 fr. par bec (les frais d'installation pour les tuyaux de distribution restant les mêmes).

Pour 300 becs, ils ne seraient plus que de 45 à 50 fr.

MACHINES A BATTRE LOCOMOBILES,

Par **M. LOTZ**, mécanicien à Nantes.

Cette machine est montée sur une voiture à deux roues; le moteur à vapeur est sur l'arrière, la machine à battre sur le devant. Toutes les précautions ont été prises contre l'incendie, au moyen de grilles qui empêchent l'échappement de parcelles de charbon enflammées. Cette machine, que l'on a pu voir à la dernière exposition agricole d'Orléans, tient fort peu de place; deux chevaux la conduisent facilement à destination. La machine à vapeur est de la force de trois chevaux-vapeur; elle n'use que 5 à 6 hectolitres de charbon par jour. La machine à battre, à laquelle elle sert de moteur, ne vanne pas. Elle n'a pas de cylindres alimentaires; la gerbe déliée passe presque tout entière entre les batteurs, d'où elle sort bien battue; le grain doit tomber sur une aire bien propre, d'où on le retire pour le nettoyer quand l'opération est terminée. Servie par dix ou douze personnes, cette machine peut battre 200 à 250 hectolitres de blé par jour. Elle coûte 3,000 fr. Peut-être trouverait-elle son application dans le Perthois, le Valage, la Brie, pays où les fermiers font d'énormes récoltes en froment.

Le même fabricant avait aussi exposé une machine locomobile mue par deux chevaux; elle est du même système que celle mue par la vapeur; elle est aussi montée sur deux roues. En arrivant sur le lieu du battage, on creuse deux trous pour enterrer les roues d'environ 20 centimètres, cela suffit pour rendre la machine suffisamment fixe. La traction est directe sur la roue motrice. Les chevaux tournent autour de la machine. Les bras des leviers sont très-longs, mais la couronne dentée très-grande, et son pignon très-petit, ce qui permet aux chevaux de marcher au pas ordinaire de $0^m 90$ au plus par seconde; on a alors le temps d'apporter les gerbes, de lier la paille et d'enlever le grain pendant que les chevaux font leur révolution autour de l'axe. Cette machine est bien construite, ne vanne pas, et son prix est de 1,000 fr. seulement.

WAGON SPÉCIAL

POUR LE TRANSPORT DES CHEVAUX

SUR LES CHEMINS DE FER,

Exécuté sur les plans de **M. DESGRANGES**, ingénieur,

ET APPLIQUÉ SUR LA LIGNE D'AMIENS A BOULOGNE.

(PLANCHE 39.)

Les compagnies sont dans l'obligation d'avoir, pour le service des chemins de fer, un matériel roulant considérable et très-varié, selon la nature même des transports qu'elles ont à faire. En dehors des diligences, des voitures destinées aux voyageurs, il faut non-seulement des wagons pour les marchandises, mais encore pour le transport des animaux. Et à ce sujet on a reconnu qu'on ne saurait trop apporter de soins, de précautions dans la disposition de ces derniers véhicules. C'est surtout pour les chevaux qu'il importe d'établir des voitures spéciales qui, tout en présentant la solidité désirable, soient convenables sous le rapport de l'aération, de l'hygiène, de la commodité du service, et permettent d'éviter les accidents.

On sait que le cheval n'est pas facile à transporter par voiture; renfermé dans une caisse roulante, étourdi par le bruit du train, il est craintif, il a peur, et cherche souvent à se débattre; il se frappe alors contre les parois de l'espèce de boîte où il se trouve, et risque de se blesser. On a vu des chevaux de grand prix être ainsi meurtris et dépréciés après un certain trajet en chemin de fer, et la compagnie être passible de dommages et intérêts, faute d'avoir pris les précautions nécessaires.

On a donc trouvé utile, sur plusieurs de nos lignes ferrées, de construire des wagons spéciaux pour le transport des chevaux. Tel est celui que nous avons représenté sur la planche 39, et qui est l'un des modèles exécutés sous la direction de M. Desgranges, lorsqu'il était ingénieur du matériel du chemin de fer d'Amiens à Boulogne.

M. Desgranges, avant de se placer à la tête de l'établissement de construction de voitures qu'il a formé à Bordeaux, pour MM. Buddicom et comp., a bien voulu nous communiquer les dessins d'exécution de ce wagon modèle, que sa spécialité nous a engagé à publier; le matériel des chemins de fer entrant naturellement dans le domaine de l'œuvre périodique que nous avons entreprise.

Nous profiterons de cette circonstance pour faire connaître en même temps les principaux systèmes de coussinets et de boîtes à graisse que l'on applique ou que l'on pourrait appliquer avec avantage sur toutes les voitures en usage sur les voies de fer, et nous parlerons plus particulièrement de celui de MM. Vallod frères, que l'on expérimente en ce moment sur la grande ligne de Lyon, et qui paraît offrir de grands avantages comme économie d'huile, comme régularité de graissage et comme réduction dans les frais de traction.

DESCRIPTION DU WAGON A CHEVAUX, REPRÉSENTÉ FIG. 1 A 4, PL. 39.

La fig. 1re est une vue latérale extérieure du wagon fermé.

La fig. 2 montre, d'un côté, une section horizontale faite à la hauteur de la ligne 1-2, et de l'autre un plan vu en dessus du train, la caisse étant supposée enlevée.

La fig. 3 est une coupe longitudinale et verticale faite suivant la ligne 3-4.

Et la fig. 4 représente, à droite, la vue par bout de la caisse, et à gauche, une coupe transversale faite suivant la ligne 5-6.

Ce genre de wagon particulier se compose comme les autres voitures de transport de deux parties distinctes, dont l'une n'est autre que le *train* proprement dit, et l'autre la *caisse* ou le coffre à compartiments.

DISPOSITION DU TRAIN. — Le train est tout à fait analogue à celui des autres wagons, il remplit en effet le même but, et pourrait au besoin servir aux divers véhicules roulants. Ainsi il consiste en un châssis rectangulaire en charpente, formé de deux longrines parallèles A, de deux traverses principales B, et de deux autres traverses intermédiaires B′ reliées aux longrines par des équerres en fer *a*. En outre, des entretoises obliques C assemblées, d'un bout, avec des doubles équerres en fer *b* aux longrines et aux traverses principales, et de l'autre, avec les traverses intermédiaires par de longues brides ou pattes en fer *c*, consolident tout le système et lui donnent la rigidité nécessaire.

Au-dessus et en dedans de ce châssis sont boulonnées les fourchettes en fer forgé D qui reçoivent les coussinets *d* des essieux, et qui se relient deux à deux, sur chaque face du wagon, par des tirants ou tringles horizontales E, afin de les rendre solidaires et d'empêcher leur ouverture comme leur écartement.

Le tout repose sur quatre roues d'égal diamètre, dont les rayons sont en fer méplat, rivés entre eux et à la jante ou circonférence intérieure qui est enveloppée par le cercle ou bandage à rebord en fer dur et bien corroyé,

que l'on y place de force et à chaud (1). Elles sont traversées, à leur centre, par les deux essieux G en fer corroyé, que l'on tourne à chaque extrémité pour y former les tourillons ou les collets que reçoivent les coussinets *d*, dont nous donnons la description plus loin.

Un train de voiture ou de wagon est toujours accompagné de deux séries de ressorts, savoir : des ressorts de charge ou de pression H qui se placent sur les coussinets des essieux, et des ressorts de choc I qui correspondent aux tampons.

Les ressorts de pression sont de même nombre que les roues, et se composent de lames en acier légèrement cintrées et confectionnées suivant les données que nous avons déjà publiées à ce sujet ; toutes ces lames sont reliées entre elles par des brides en fer et des boulons à écrous ; on sait que la maîtresse lame, qui est la plus longue et la plus épaisse, se prolonge pour s'engager par ses extrémités dans des chapes en fer méplat *e* fixées au-dessous des deux longrines A.

Les ressorts de chocs, logés dans l'intérieur du châssis, entre les deux traverses intermédiaires B′, se composent également de lames d'acier, minces, mais plus allongées, et placées dans un sens différent. Elles sont de même reliées vers le milieu par des brides en fer *f*, et s'appuient par les extrémités de la maîtresse lame sur les boutons qui terminent les tringles ou tiges horizontales *g*, lesquelles guidées d'un bout par la douille *h*, vissées sur le côté des traverses, se prolongent en augmentant de diamètre pour former disque et porter à l'extérieur les tampons circulaires en bois J, en traversant les espèces de coussins cylindriques K, qui garnissent la face extrême des deux traverses principales B.

Au milieu de ces dernières sont appliquées les pattes en fer *i* qui portent les pitons à tiges et à écrous *j*, dans lesquels s'engagent les anneaux des chaînes de sûreté, que l'on adapte alternativement à chaque extrémité du wagon. Entre ces deux jeux de pitons passent les tiges horizontales opposées *k*, qui se relient d'un bout aux brides des ressorts de chocs, et se terminent chacune, de l'autre, par un crochet d'attelage *l*. Ces deux ressorts étant entièrement indépendants, agissent naturellement sur leurs tiges, et par suite sur leurs tampons respectifs.

Construction de la caisse. — Le wagon étant destiné à recevoir trois chevaux, avec un domestique sur le devant pour les surveiller et en avoir soin, est disposé avec une caisse à quatre compartiments, dont le premier transversal en avant, pour l'homme, pourrait au besoin contenir plusieurs personnes ; les trois autres se trouvent dans le sens de la longueur et peuvent communiquer entre eux.

(1) On sait que MM. Pétin et Gaudet, qui ont fait une spécialité si remarquable de la confection des pièces de forge pour la mécanique, sont arrivés à fabriquer tous les bandages sans soudure, avec une précision, une régularité à laquelle on était loin de s'attendre. Nous espérons publier un jour les moyens bien ingénieux et économiques qu'ils ont imaginés à cet effet, et qui leur permettent de livrer aux compagnies des quantités considérables de ces cercles sur tous les diamètres que l'on peut désirer.

Ainsi, la caisse proprement dite se compose d'un plancher inférieur L, formé de madriers convenablement distancés qui reposent sur le châssis horizontal du train avec lequel on le rend solidaire, au moyen des équerres en fer *m*, et qui reçoivent des planches de sapin de 0m 04 d'épaisseur, simplement rangées l'une contre l'autre en longueur, et clouées sur des traverses. Des montants verticaux M s'élèvent vers les quatre angles de ce plancher rectangulaire qui se prolonge un peu sur le devant pour les pieds des hommes. Ces montants sont reliés à la partie supérieure par les barres longitudinales O, et celles transversales O′, auxquelles on a donné une coupe correspondante à la forme cintrée que doit avoir le toit P de la caisse. Ce toit lui-même est en planches minces assemblées et portées par des chevrons légers en sapin *n*, cintrés également et reposant par leurs extrémités sur les barres longitudinales O. Le tout est recouvert en zinc.

Les parois extérieures de la caisse sont aussi formées avec des planches assemblées et rainées, mais elles ne sont pas toutes pleines; on a dû y laisser les jours nécessaires comme on va le voir.

Le compartiment antérieur dans lequel se placent les hommes est réellement compris entre les deux montants de devant M, et deux autres montants parallèles Q, qui reçoivent sur une grande partie de leur hauteur, la cloison en planches *o* formant une séparation naturelle, mais surmontée d'une partie inclinée R qui est destinée au râtelier des chevaux, et qui est ainsi disposé pour que de sa case même le domestique puisse leur donner la paille et le foin nécessaires. Il peut aussi leur verser l'avoine dans l'auge inférieure S, placée à droite de la cloison, parce qu'on a ménagé dans la hauteur existante, entre cette auge et le râtelier, une large ouverture fermée par un panneau ou vantail mobile *p*, qui est assemblé à charnière par le haut. Un autre panneau *p′* existe également en contre-bas, pour permettre de prendre le foin ou la paille de réserve dans l'espace laissé libre entre la cloison, le dessous de l'auge, et la paroi cintrée T contre laquelle peut s'appuyer le poitrail des chevaux, et qui pour cela même est garnie d'un coussin, afin qu'ils ne puissent s'y blesser.

La provision d'avoine a naturellement sa place sous le siége U du domestique. Le dessus de ce siége est alors aussi disposé à charnière pour s'ouvrir à volonté; prolongé dans toute la largeur de la caisse, il offre toute la capacité voulue, et peut au besoin, en garnissant toute la surface supérieure, recevoir, comme nous l'avons dit, plusieurs personnes L'entrée de ces personnes a lieu par l'une ou l'autre des deux portes latérales V qui ont la même hauteur que la caisse, et qui au milieu sont garnies d'un petit châssis vitré *w*, comme on en a appliqué un sur la face de devant. On a déjà remarqué que celle-ci n'est pas verticale dans toute son étendue, sa partie inférieure est cintrée pour venir jusque sur le prolongement du plancher, afin de donner tout l'espace nécessaire aux pieds des voyageurs.

Les trois compartiments longitudinaux destinés à recevoir et à séparer les chevaux, sont simplement formés par des cloisons mobiles que l'on

peut mettre et enlever à volonté. Ainsi, d'un côté, on place les deux espèces de vantaux X, qui séparent la caisse en trois largeurs égales, et qui se montent par des ferrures *r* sur des pitons à équerre *s*, en les retenant aux potences X′ que l'on peut retirer au besoin, et de l'autre, en avant, on dispose les deux joues plus petites Y, assemblées de même, et accrochées par une cheville à chaînette qu'il suffit d'ôter, lorsqu'on veut faire tourner les joues sur leurs pitons.

On introduit successivement chaque cheval sur l'une ou l'autre des deux faces latérales de la caisse, par la double porte latérale Z, Z′, dont une partie, celle inférieure, s'ouvre par le bas, et l'autre, celle supérieure, par le haut. A cet effet, elles sont garnies de plates-bandes en fer *t*, qui s'assemblent d'un bout à charnière avec des équerres fixes *u*, boulonnées aux barres longitudinales L et O, et on les relie, en dehors, à une extrémité par la tringle à coulisse en fer *v* et la platine cintrée également en fer *x*. Il en résulte que lorsqu'on veut ouvrir la caisse, il suffit de soulever la partie supérieure et de baisser la partie inférieure, en tenant d'une main la tringle *v*, de manière à leur faire prendre la position indiquée sur la coupe transversale fig. 4, après avoir toutefois enlevé les deux goujons *y*, qui en s'ajustant dans l'œil des brides *z* et des pitons *s*′, maintiennent la porte fermée.

La partie inférieure de celle-ci, étant ainsi rabattue en avant, forme une sorte de prolongement au plancher de la caisse, de sorte qu'en reposant par le bord sur le sol du débarcadère, on peut aisément y faire arriver le cheval, et le pousser à l'intérieur. En faisant les deux faces latérales de la caisse tout à fait semblables, on peut alors introduire les chevaux aussi bien d'un côté que de l'autre ; seulement il faut toujours avoir le soin de mettre les séparations mobiles dès qu'un cheval est entré, pour qu'il soit immédiatement séparé de son voisin qui doit venir après lui.

Dans la partie supérieure de la porte sont percées deux larges ouvertures rectangulaires que l'on ferme par les persiennes à jour Y′, à l'aide desquelles on peut donner tout l'air nécessaire à l'intérieur, et au besoin même établir des courants.

La surface supérieure du plancher L est aussi garnie d'une série de petites barrettes transversales en bois *a*′, qui forment une sorte de grillage horizontal, sur lequel reposent les pieds des chevaux, afin de donner écoulement aux urines, tout en conservant le plancher.

DÉTAILS DES BOITES A GRAISSE, FIG. 5 ET 6, PL. 39.

Les boîtes à graisse, ainsi que les essieux et les roues, sont évidemment, comme nous l'avons dit, les parties les plus importantes des wagons, celles sur lesquelles on doit porter le plus d'attention ; aussi s'est-on constamment occupé d'en améliorer la construction, et les compagnies sont extrêmement

difficiles pour la réception de ces pièces qui doivent être livrées sans aucun défaut, et exécutées avec les meilleures matières.

La forme, la disposition des boîtes, sont pour beaucoup dans la conservation et la durée des coussinets. Elles doivent être faites de telle sorte à recevoir une certaine quantité de graisse ou d'huile pour un long parcours, et à la ménager le plus possible, tout en fournissant un graissage régulier et constant qui réduise les frottements et l'usure, et empêche l'échauffement des tourillons.

Au chemin du Nord, M. Petiet, l'ingénieur en chef du matériel, a fait apporter des améliorations sensibles, non-seulement pour diminuer la consommation du combustible, mais encore pour arriver au graissage le meilleur et le plus économique. Des règlements sévères sont établis pour les graisseurs dans les ateliers et sur les différentes parties de la voie.

On doit à M. Bricogne, ingénieur, également employé au chemin du Nord, une disposition de boîte à graisse qui paraît généralement adoptée aujourd'hui sur cette ligne et sur d'autres. Comme elle est fondue d'une seule pièce, elle ne laisse pas que de présenter quelques difficultés dans l'exécution, il s'est adressé pour cela à un modeleur fort habile, M. Rousseau, qui a su, en effet, disposer le modèle de manière à faciliter le moulage et à produire des pièces parfaitement saines qui ne laissent rien à désirer. Actuellement ces objets se font partout.

En construisant les wagons pour porter une charge moyenne de 6000 kil. sans leur propre poids, on donne habituellement aux tourillons des essieux, et par conséquent aux coussinets des boîtes à graisse, un diamètre de 6 centimètres, sur une longueur double. Maintenant sur la plupart des nouvelles lignes, les wagons sont établis pour recevoir des charges plus considérables qui s'élèvent jusqu'à 9 à 10 tonnes, les dimensions sont alors augmentées; ainsi le diamètre des tourillons est de 75 millimètres, et leur longueur de 180. Tel est celui dont nous donnons le modèle avec sa boîte à graisse sur les figures 5 et 6, qui représentent celle-ci en section transversale et en coupe longitudinale.

Cette boîte, adoptée par le chemin de Lyon, est moulée dans la fonderie de MM. Morel frères, de Charleville, qui en livrent des quantités considérables. M. Bertrand, mécanicien à Paris, s'est chargé de les monter, c'est-à-dire d'y placer le coussinet, le couvercle, les vis et les boulons. Sa disposition est tout à fait analogue à celle des boîtes de M. Bricogne.

Elle se compose en réalité de quatre pièces, comme le montrent les figures, la première A, qui forme la boîte proprement dite, est la plus importante, mais en même temps la plus difficile, parce qu'on a voulu qu'elle soit fondue avec le réservoir à graisse supérieur *a*, avec les joues latérales *b* qui forment coulisseaux pour recevoir les fourches des longrines, et avec les oreilles arrondies *c*, dans lesquelles passent les boulons servant à la relier avec les longrines et avec le couvercle inférieur B qui cache le tourillon sans le toucher.

Le réservoir à graisse n'existe pas seulement au-dessus du coussinet C et de son tourillon D, avec la surface duquel il communique par deux orifices *d*, mais encore il se prolonge en dehors d'une certaine quantité, afin d'être à la disposition des hommes chargés de l'entretien, et qui peuvent aisément, en soulevant le petit couvercle E, visiter l'intérieur et y remettre de la graisse au besoin. Comme l'examen doit se faire rapidement, et comme aussi il est très-important que le réservoir soit bien hermétiquement fermé, ce petit couvercle est disposé de telle sorte qu'il peut s'ouvrir avec une grande facilité, car il suffit que le graisseur le frappe vers le bord au-dessous, et cependant il reste bien clos en tombant, par l'effet d'un ressort *e* appliqué près de la charnière.

Le coussinet C est en bronze composé de 85 parties de cuivre et de 15 parties d'étain. Après divers essais, on paraît s'être arrêté à cette composition qui semble être la plus durable. On a, pendant quelque temps, essayé au chemin du Nord, du métal blanc de M. Vauché (1); mais on n'a pas dû continuer à l'employer pour les coussinets, parce qu'il n'a pas donné les bons résultats qu'on en espérait.

Nous tenons de l'obligeance de M. Harbly, ancien inspecteur du matériel au chemin du Nord, et actuellement représentant de MM. Morel frères, de Charleville, les détails suivants relatifs au graissage, à l'entretien des coussinets de wagons sur cette ligne importante. Nous croyons qu'ils intéresseront plusieurs de nos lecteurs.

(1) Voir le *Génie industriel* (année 1851), où nous avons publié le système de M. le baron Vauché, qui, dans certains cas, comme dans les pompes, par exemple, a obtenu des résultats satisfaisants.

TABLE RELATIVE AUX FRAIS DE GRAISSAGE DES COUSSINETS DE WAGONS EMPLOYÉS SUR LE CHEMIN DE FER DU NORD.

DÉSIGNATION	1847	1848	1849	1850	1851
GRAISSAGE.					
Graisse consommée	25.270k	71.926k	77.156k	81.653k	87.120k
Prix de revient	19.205f 20	41.059f 05	44.048f 66	40.499f 86	41.168f 92
Prix moyen du kilogramme	0f 76	0f 5722	0f 5722	0.496	0.4725
Nombre de trains de voyageurs	21.879	23.116	26.670	41.416	48.876
— de marchandises	5.531	7.042	9.797	13.686	14.534
Nombre total de trains	27.410	30.158	36.467	55.102	63.410
Parcours des trains de voyageurs	1.648.141	1.813.876	2.206.368	2.536.204	3.014.959
— de marchandises	897.407	894.996	905.987	1.104.645	1.111.113
Parcours total des trains	2.545.548	2.708.872	3.112.355	3.640.849	4.126.072
Consommation par train	0k 932=0f 708	2k 384=1f 36	2k 116=1f 20	1k 481=0f 734	1k 390=0f 656
— — et par kilomètre	0k 0099=0f 0075	0.026=0f 0148	0.024=0f 0147	0.0224=0f 0111	0.0211=0.0099
— par wagon et par kilomètre	0k 00066=0f 00049	0k 0018=0f 00103	0k 0017=0f 00097	0k 0015=0f 000744	0k 0015=0f 000708
COUSSINETS.					
Coussinets remplacés aux voitures à voyageurs	» »	» »	2094=77 %	3275=118 %	4978=52 %
— aux wagons à marchandises	» »	» »	3488=35 %	4208=41 %	2924=24 %
Total des coussinets remplacés	» »	» »	5582=43 %	7483=57 %	8902=30 %

Voici une note des compositions de graisses employées sur différentes lignes, et particulièrement celles fabriquées dans les ateliers mêmes du chemin de fer du Nord. Cette note montre les prix de revient que l'on cherche à réduire le plus possible.

FABRICATION DE LA GRAISSE EMPLOYÉE POUR LES WAGONS DE CHEMINS DE FER.

Rive gauche 1842.

	ÉTÉ.	HIVER.
Suif	40 0 %	25 »
Huile de baleine	12 5	22 5
Sel de soude	2 5	2 5
Eau	45 0	50 »

Chemin d'Orléans, 1er février 1849.

	GRAISSE DE PRINTEMPS.
Suif	30 %
Huile	30
Soude	2
Eau	38

Pour fabriquer la graisse, on fait fondre d'un côté la soude dans l'eau chaude, d'un autre côté on fait fondre le suif dans l'huile chaude, puis on verse lentement ces deux dissolutions dans le même vase, en ayant soin d'agiter le mélange, et l'agitation ne doit cesser que quand le mélange est à l'état pâteux.

Lorsqu'on doit augmenter la quantité d'eau, il faut augmenter la proportion de soude à raison de 1 1/4 k. par 5 k. d'eau (1/4).

CHEMIN DU NORD.

29 janvier 1849.

Suif	250 k.	à 1 fr.	12	=280 fr.	»	37 9 %
Huile de palme	80	1	05	84	20	12 1
Huile de colza	40	0	91	36	53	6 1
Sel de soude	15	0	52	7	80	2 3
Eau	273					41 6
				11	»	Main-d'œuvre.
	658			5	50	Frais généraux.
				2	67	Combustible.
Soit 0 fr. 65 le kil.				427	70	

17 mai 1849.

Suif	54 9 %
Huile de palme	13 »
Sel de soude	4 2
Eau	30 9
	0 79 le kil.

19 juin 1849.

Suif	51 3 %	0 fr. 65
Soude	3 6	
Eau	44 1	

14 août 1849.

Suif	25 8 %	0 fr. 52
Huile de palme	6 9	
Vieille graisse	15 2	
Sel de soude	3 5	
Eau	48 6	

19 novembre 1849.

Suif	19 9
Huile de palme	6 6
Vieille graisse	9 9
Sel de soude	2 3
Eau	61 3

5 février 1850.

Suif	28 0 %
Huile de palme	9 3
Huile de colza	5 0
Sel de soude	2 0
Vieille graisse	5 7
Eau	50 0

16 avril 1850.

Suif	30 8 %	0 fr. 54
Huile de palme	8 4	
Huile de colza	4 6	
Vieille graisse	4 6	
Sel de soude	2 1	
Eau	49 5	

Juin 1850.

38 0 %	9 fr. 56
9 3	
2 0	
» »	
2 0	
48 7	

1851 Juillet (Maximum).

Suif	43 8 %	0 fr. 56
Huile de palme	7 8	
Huile de colza	2 0	
Sel de soude	3 3	
Eau	43 1	

Moyenne de l'année 1851.

Suif	32 7	0 fr. 4725
Huile de palme	7 5	
Huile de colza	3 5	
Sel de soude	2 5	
Eau	53 8	

Nov. 1851 (Minimum).

26 8	0 fr. 42
7 3	
3 9	
1 6	
60 4	

BOITE A GRAISSE PERFECTIONNÉE PAR M. VALLOD, INGÉNIEUR A PARIS, REPRÉSENTÉE FIG. 8, 9, 10 ET 11, PL. 39.

Le système de boîte à graisse qui a été perfectionné par M. Vallod, se distingue par le mode de suspension d'un cylindre ou rouleau léger, mobile et constamment mis en contact avec la surface du tourillon auquel il doit apporter l'huile ou la graisse contenue dans un réservoir inférieur, et l'on obtient ainsi un graissage constant et régulier, qui a l'avantage de consommer beaucoup moins de substance, et d'éviter l'échauffement des tourillons et des essieux.

De ce que dans un wagon, comme en général dans un véhicule quelconque, toute la charge qui est portée par les essieux, pèse sur le coussinet placé en dessus, on a beaucoup de difficulté à maintenir le graissage, on dépense très-souvent l'huile ou la graisse en pure perte, et encore il arrive que dans certains cas le tourillon s'échauffe, grippe, occasionne des frottements considérables qui augmentent énormément les résistances.

La disposition de M. Vallod évite complétement ces inconvénients, et permet de réaliser, en peu de temps, une économie très-grande sur la consommation. Elle est d'autant plus avantageuse, qu'elle peut s'appliquer avec facilité à tous les wagons en usage sans modification notable, et par conséquent sans grande dépense. Elle consiste dans l'application d'une sorte de galet ou de rouleau cylindrique A qui est placé en dessous et au milieu du tourillon de l'essieu B du wagon. Ce rouleau doit être très-léger, par exemple en bois ou en zinc très-mince, et en même temps il doit tourner librement sur lui-même, c'est pourquoi il est traversé à son centre par un axe en fer *a*, qui est d'un très-petit diamètre, et dont les extrémités portent sur les entailles de deux branches d'une fourche en fer C. Or, celle-ci est assemblée à charnière par sa partie inférieure, formant oreille, avec le bout d'un levier coudé en fer forgé D, qui peut osciller sur son tourillon *b*, que porte une chape en fer ; l'autre branche de ce levier se termine par une partie renflée *d* qui sert de contre-poids, afin de tenir le tout en suspension, et forcer le galet ou rouleau à se maintenir appuyé contre la surface inférieure du tourillon, sans cependant produire une pression ou une adhérence trop considérable.

Toute cette partie du mécanisme graisseur est logée dans un réservoir inférieur en fonte E, qui se relie à la boîte supérieure proprement dite F, par deux boulons latéraux *e*. Celle-ci est, comme à l'ordinaire, fondue avec une joue verticale *f*, formant une sorte de plaque de garde, à l'extrémité du tourillon, et avec des parties élevées pour former un récipient ou réservoir à graisse *g*, que l'on recouvre d'une plaque de tôle *h*, et qui à l'aide de deux trous évasés, prolongés aussi à travers l'épaisseur du coussinet en bronze *i*, est en communication avec la partie supérieure du tourillon. Ainsi, on voit que le système est à deux fins, il permet d'employer

le mode de graissage habituel, si on le juge à propos, ou bien d'employer le rouleau avec le réservoir inférieur.

Ce dernier est rempli d'huile jusqu'à la hauteur de l'axe du galet, et comme il se prolonge des deux côtés, sa capacité est assez grande pour contenir bien au-delà de la quantité que l'on serait susceptible de dépenser, même dans les plus longs parcours. La partie la plus avancée dans laquelle se loge le contre-poids *d*, et qui sert à l'introduction de l'huile, est recouverte d'une plaque mobile en tôle G qu'un ressort *j* tient fermée pendant la marche, et que l'on peut soulever à la main toutes les fois que l'on veut vérifier si l'appareil fonctionne bien, et s'il n'y a pas de fuite. Cette plaque peut être garnie à l'intérieur d'un feutre ou d'un cuir, afin de s'appuyer exactement sur le bord du réservoir, et former ainsi une fermeture parfaitement hermétique. Aucune perte ne peut avoir lieu par l'axe *k*, autour duquel on la fait pivoter, parce qu'il est doublement recouvert par le petit support recourbé *l* et par la partie cintrée de la plaque elle-même. De cette sorte, la poussière ne peut s'introduire dans l'intérieur, non-seulement de ce côté, mais encore par le joint du réservoir inférieur avec la boîte supérieure, joint qui est double comme le montre la section transversale figure 8.

On peut toujours reconnaître la hauteur à laquelle le liquide se trouve dans la capacité intérieure, parce que sur ce côté du réservoir, l'auteur a eu le soin de ménager une petite tubulure H qui s'élève jusque vers le couvercle G (fig. 10), et dans laquelle plonge un flotteur léger I, dont la tige traverse le bouchon *m*, qui bouche cette tubulure hermétiquement. Cette tige porte une espèce de petite cloche *n* qui monte et descend dans la partie évidée du bouchon, suivant le flotteur même; par conséquent on voit aisément le niveau de l'huile par la place plus ou moins élevée que cette petite cloche occupe au-dessus du fond du bouchon.

Quand l'huile a servi un assez long temps et qu'elle devient trop épaisse, on vide le réservoir en dévissant le tampon à vis J, qui est adapté à l'extrémité et vers la partie la plus basse. On a le soin de nettoyer alors tout l'intérieur, avant de remplir le récipient à nouveau.

Quoique le galet ne touche le tourillon B que sur une partie de sa longueur, comme il n'a d'autre objet que de lui apporter constamment des gouttes d'huile, ces gouttes se répandent par la rotation rapide imprimée à l'essieu, sur toute l'étendue du tourillon, sans cesse entraînées à la partie supérieure où elles graissent toute la surface du coussinet.

Le rouleau étant très-léger, et tout à fait libre sur lui-même, tourne aussi par le tourillon avec lequel d'ailleurs il n'a d'autre contact que la faible couche d'huile qui passe entre sa superficie et celle de ce dernier.

Aussi, la communication a lieu d'une manière très-régulière, et le graissage se fait avec une si grande exactitude, qu'après les premières expériences faites sur le chemin de Lyon, on a constaté qu'après un parcours de plusieurs milliers de kilomètres, il n'y avait pas eu le moindre dérange-

ment. On doit donc espérer qu'un tel système qui procure une économie considérable sur les frais de graissage, ne devra pas tarder à s'appliquer au matériel roulant des chemins de fer.

M. Vallod s'occupe aussi de faire l'application de ce mode perfectionné de graissage aux coussinets des arbres de couche, pour moulins et transmissions de mouvement. Il est breveté pour ce système, non-seulement en France mais encore à l'étranger.

En Angleterre et en Allemagne on a déjà proposé, depuis plusieurs années, l'application de rouleaux directement placés sous les tourillons pour graisser ceux-ci avec de l'huile; tel est, par exemple, le système de M. G. Meggenhofen; mais il ne paraît pas qu'on ait persisté à les employer. Au reste, leur disposition est loin d'être aussi avantageuse que celle imaginée par M. Vallod.

Nous aurons sans doute l'occasion de publier bientôt le nouveau mode que vient de faire breveter M. Vaugin, qui propose en outre, pour les wagons, des ressorts à levier plus économiques.

RÉPARATION GÉNÉRALE

DES

VOITURES ET WAGONS EMPLOYÉS SUR LES CHEMINS DE FER.

Nous pensons qu'on ne verra pas sans quelque intérêt le tableau suivant qui résume les dépenses faites pendant les années 1847, 48, 49, 50 et 51, par le matériel roulant au chemin du Nord, documents que nous devons encore à l'obligeance de M. Harbly, et qui peuvent donner une idée exacte des frais auxquels on est amené pour l'entretien général des voitures et wagons que l'on emploie en si grande quantité sur les chemins de fer.

On reconnaîtra que sous ce rapport, comme généralement pour tout ce qui concerne le matériel, M. Petiet est arrivé à des améliorations considérables.

DÉSIGNATION	1847		1848		1849		1850		1851	
Effectif des voitures à voyageurs		690		693		680		691		916
— des wagons à marchandises		1.982		2.395		2.468		2.520		2.661
— des voitures et wagons		2.672		3.088		3.148		3.211		3.577
Nombre des voitures à voyageurs réparées		4.672		7.643		6.159		8 052		7.471
— de wagons à marchandises —		5.102		11.451		12.285		15.649		15.232
Nombre total des voitures et wagons réparés		9.774		19.094		18.444		23.671		22.703
Parcours kilométriques des voitures à voyageurs		16.760.602		14.546.115		19.143.968		21.766.800		25.421.865
— des wagons à marchandises		21.151.790		23.823.698		26.414.749		31.301.040		33.162.140
— des voitures et wagons		37.912.392		38.369.813		45.558.717		53.067.840		58.584.005
Parcours moyen d'une voiture à voyageurs		24.270		20.990		28.152		31.500		27.722
— d'un wagon à marchandises		11.176		9.947		10.702		12.421		12.457
Parcours moyen d'une voiture et d'un wagon		14 188		12.425		14.440		16.527		16.363
Chaque voiture à voyageurs a été réparée		6.77		11.03		9.05		11.65		8.14
Chaque wagon à marchandises a été réparé		2.57		4.78		4.97		6.19		5.72
Parcours kilométrique d'une voiture à voyageurs avant sa réparation		3.587		1.903		3.108		2.952		3.403
— d'un wagon à marchandises —		4.145		2.082		2.150		3.402		2.477
ESSIEUX.										
Nombre d'essieux changés aux voitures à voyageurs		1.597		1.321		2.042		2.276		2.131
— — aux wagons à marchandises		1.629		1.029		2.031		2.214		2.045
Nombre total d'essieux changés aux voitures et wagons		3.226		2.350		4.073		4.490		4.176
Proportions des essieux changés aux voitures à voyageurs		145 %		95 %		150 %		164 %		116 %
— — aux wagons à marchandises		41		21		41		43 %		38 %
— — aux voitures et wagons		60		38		64		69 %		58 %
Parcours kilométrique d'un essieu à voyageurs avant sa réparation		10.495		11.011		9.375		9.563		11.930
— — à marchandises avant sa réparation		12.984		23.152		13.005		14.137		16.216
— moyen d'un essieu à voyageurs et à marchandises		11.752		16.328		11.160		11.819		14.028
RESSORTS.										
Nombre des ressorts de suspension changés aux voitures à voyageurs	7.89 %	218	5.3 %	148	5 %	135	9.6 %	228	11.6 %	429
— — aux wagons à marchandises	14.8 %	1.119	10.9 %	1.043	13.6 %	1.357	25.0	2.676	33.6	3.609
— — aux voitures et wagons	12 %	1.337	9.6 %	1.191	11.8 %	1.492	22.0	2.904	28 %	4.038
Nombre de ressorts de traction changés aux voitures à voyageurs	35 %	483	12.6 %	174	4 %	53	2.7	30	2	59
— — aux wagons à marchandises	13 %	529	17 %	811	23 %	1.140	65.0	3.319	28	1.502
— — aux voitures et wagons	19 %	1.012	16 %	985	19 %	1.193	52.0	3.349	21.8 %	1.561
Parcours kilométrique d'un ressort de suspension à voyageurs avant sa réparation		76.883		98.284		141.807		95.030		59.258
— — à marchandises avant sa réparation		18.902		22.841		19.465		11.696		9.188
— d'un ressort de traction à voyageurs —		34.701		83.598		361.202		725.560		430.879
— à marchandises —		39.967		29.375		23 170		9.430		22.078
PRIX DE REVIENT.		fr. c.		fr. c.		fr. c.		fr. c.		fr. c.
Prix de la réparation des voitures à voyageurs		600.222 62		281.890 69		260.511 83		521.900 39		600.308 51
— des wagons à marchandises		169.686 16		257.973 71		234.847 26		403.447 64		489.846 97
— des voitures et wagons		769.908 78		539.164 40		495.359 09		925.348 03		1.090.155 48
Prix de revient de chaque réparation d'une voiture à voyageurs		128 47		36 88		42 30		64 83		80 35
— — d'un wagon à marchandises		33 25		22 52		19 11		25 86		32 17
Prix de revient de la réparation de chaque voiture à voyageurs		869 74		406 78		383 11		755 28		656 45
— — wagon à marchandises		85 45		107 65		94 97		160 09		184 83
Prix de revient d'une voiture à voyageurs, par kilomètre parcouru		0 053		0 049		0 013		0.0239		0.0236
— d'un wagon à marchandises, —		0 008		0 040		0 008		0.012		0.0156
— moyen d'une voiture et d'un wagon, par kilomètre parcouru		0 020		0 014		0 010		0.017		0.018

PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS

DANS

LES MÉTIERS A LA JACQUART,

Par **M. COUPLET**, fabricant de tulle,

Et **M. CARRÉ**, contre-maître de la maison Lehoult
à Saint-Quentin (Aisne).

(PLANCHE 40.)



Nous avons déjà eu l'occasion de publier, dans le ve volume de ce Recueil, un système de métier dit *Jacquart*, avec bâtis en fonte, comme on les construit assez généralement. Tout le monde connaît aujourd'hui ces ingénieuses machines, qui, par les immenses services qu'elles rendent à l'industrie des tissus, ont immortalisé leur auteur. On peut dire qu'il n'existe pas de fabrique de châles, de dentelles, de soieries, d'étoffes de tout genre qui n'emploie des Jacquart, métiers devenus indispensables pour produire ces riches tissus, à dessins et à couleurs si variés.

MM. Couplet et Carré, de Saint-Quentin, faisant eux-mêmes usage de ces appareils et les ayant étudiés sous toutes leurs faces, ont su en apprécier toute l'importance et tout le mérite. Mais ils ont aussi reconnu comme nous que depuis longtemps on ne paraît pas avoir apporté beaucoup de changements ni d'améliorations dans le mécanisme.

En voyant tous les progrès que l'on a faits dans la partie mécanique, depuis un certain nombre d'années, il était naturel de penser que les métiers Jacquart seraient eux-mêmes bien perfectionnés, et par suite à la hauteur de bien d'autres machines, devenues sans contredit bien supérieures en exécution comme en combinaisons de mouvement, à celles qui les avaient précédées.

Mais il n'en a pas été ainsi, c'est pourquoi on trouve considérablement à faire, lorsqu'on veut remédier aux inconvénients que ces métiers présen-

tent dans la pratique, et dont plusieurs ont déjà été signalés avant nous sans qu'ils aient été évités.

Convaincus qu'il y avait beaucoup à faire à ce sujet, MM. Carré et Couplet ont pensé qu'il leur était donné de résoudre les diverses questions qui s'y rattachent et qui ne laissent pas cependant que de présenter de sérieuses difficultés. Nous sommes heureux de pouvoir dire qu'ils paraissent avoir atteint les résultats les plus satisfaisants.

Afin de bien comprendre toutes les améliorations qu'ils ont apportées à ce genre de métier, il est utile de passer en revue les divers inconvénients que l'on reproche au système tel qu'il a été exécuté jusqu'à présent.

Le premier, et qui est sans contredit le plus important, est celui relatif aux dimensions des cartons employés. Bien des fabricants, bien des ouvriers, en voyant la dépense considérable que l'on est obligé de faire pour ces cartons qu'il faut changer si souvent, ont cherché à les remplacer, mais il ne paraît pas que jusqu'ici on soit parvenu à résoudre le problème, du moins pour tous les cas où les dessins sont très-variés et très-compliqués, comme cela a lieu pour les châles et pour certaines étoffes.

Or, pourquoi ces grandes dimensions de cartons, pourquoi ces trous énormes de 5 à 6 millimètres de diamètre, lorsque les aiguilles sur lesquelles ils doivent agir n'ont pas seulement un millimètre.

La réponse est facile si l'on remarque la construction de l'appareil.

On sait que chaque feuille de carton passe successivement sur les faces d'un cylindre mobile à section carrée, et qui sont percées de trous dans toute leur étendue. Dans le mouvement oscillatoire imprimé à ce cylindre, le centre des orifices ne se présente pas toujours exactement en regard des aiguilles correspondantes ; par conséquent, s'ils étaient d'un diamètre trop réduit, il arriverait très-souvent, comme il arrive même encore, quoique ces trous soient très-grands, que, dans certains moments, des orifices ne se trouveraient pas en regard de leurs aiguilles, de là des manques, des défauts dans les tissus, ce qui est un inconvénient d'autant plus grave que l'ouvrier ne peut s'en apercevoir qu'après plusieurs passages de la navette, et alors il est bien plus de temps à défaire tout le travail mal fait.

MM. Carré et Couplet sont parvenus à éviter cet inconvénient, dont les fabricants connaissent toute la portée, en supprimant le cylindre mobile percé de trous, et par suite le double mouvement imprimé par lui à la chaîne de cartons. Avec ce cylindre mobile, chaque feuille percée tournant et oscillant sur elle-même, à mesure qu'elle s'approche de l'extrémité des aiguilles, ne se trouve pas très-souvent à la place qu'elle devrait rigoureusement occuper, au moment même où elle doit opérer son action, il y a quelquefois des différences assez sensibles, surtout lorsqu'on fait marcher le métier avec une certaine vitesse.

Par le nouveau système, il ne peut en être de même, la chaîne de car-

tons passe simplement sur un prisme qui est bien aussi à base carrée, mais qui n'est nullement percé, et qui de plus n'a pas de mouvement circulaire alternatif, comme le cylindre des précédents métiers. Ce prisme plein n'a pas d'autre fonction que de servir de support aux feuilles de carton et de les appeler successivement. Il ne se trouve pas dans le plan de aiguilles, mais au contraire dans un plan supérieur, de sorte que les feuilles qu'il amène tombent naturellement par leur propre poids, pour se présenter plus bas suivant une surface rigoureusement verticale en regard des aiguilles, en s'appliquant contre un disque plat bien dressé et percé de trous qui s'avance et s'éloigne alternativement, mais qui dans ce mouvement reste toujours vertical.

Il résulte de cette disposition que la feuille de carton, qui se présente en contact contre la face percée du disque, se place toujours exactement à la position qu'elle doit occuper par rapport aux aiguilles, de telle sorte que celles-ci correspondent exactement au centre de chacune des ouvertures qui sont pratiquées dans l'épaisseur du carton et du disque. Et par cela même qu'il ne peut jamais en être autrement, on comprend que l'on peut, sans crainte, diminuer de moitié le diamètre des trous.

On arrive alors à percer, dans une surface donnée, quatre fois autant d'ouvertures que dans le système ordinaire. Ainsi, on peut sans peine réduire des 3/4 la dimension des feuilles de carton en y perçant le même nombre d'orifices. De là une économie considérable qui n'est pas moins de 20 fr. par 1000, pour des cartons à 400 trous, et de près du double pour des cartons à 800.

Cet avantage est d'autant plus remarquable qu'il permet d'employer aujourd'hui avec la plus grande facilité des cartons de 16 à 1800 trous et même plus, tandis qu'avec l'ancien métier il est presque impossible d'en faire l'application, à cause de la difficulté de le faire mouvoir, et à cause du poids, du volume et de l'emplacement énorme qu'il exige. On a aussi par cela même, sur ces grands métiers, une réduction de prix considérable, parce que les proportions de toutes les pièces principales diminuent notablement avec les feuilles de carton.

Un second inconvénient, reproché aux jacquarts, résulte de l'emploi de cette grande quantité de ressorts que l'on renferme dans une espèce de boîte pour repousser les aiguilles lorsqu'elles ont été chassées par les cartons ; non-seulement ces ressorts sont susceptibles de se déranger souvent, mais encore ils occasionnent une résistance qui, dans certains cas, fatigue considérablement les ouvriers.

Les mêmes inventeurs ont également cherché à éviter cet inconvénient, en supprimant complétement l'usage de ces ressorts, ce à quoi ils sont parvenus par une disposition beaucoup plus simple qui a l'avantage de supprimer aussi l'emploi des crochets et de réduire les dimensions de la plus grande partie des aiguilles.

La disposition qu'ils ont imaginée à cet effet consiste simplement à

suspendre les plombs à des ficelles à nœuds qui se prolongent juqu'à la partie supérieure du métier, où elles s'attachent à un plateau fixe. Les nœuds de chacune des ficelles s'engagent dans les dents de crémaillères droites ou de règles striées, directement placées au-dessus des aiguilles, qui, dans leur mouvement, les en font dégager simultanément ou par parties.

Nous aurions encore d'autres inconvénients à signaler, et que MM. Carré et Couplet ont également cherché à éviter, en construisant leur système perfectionné ; mais au lieu de les énumérer, nous croyons qu'il sera plus facile de les reconnaître chacun séparément et de voir comment ils sont parvenus aux diverses améliorations qu'ils ont faites, en examinant avec quelque attention la description détaillée que nous en donnons ci-après avec le dessin qui représente les différentes vues de leur métier complet.

DESCRIPTION DU MÉTIER PERFECTIONNÉ, REPRÉSENTÉ SUR LES FIGURES DE LA PLANCHE 40.

La fig. 1re du dessin représente une vue de face de la partie principale du métier perfectionné tout monté et prêt à fonctionner.

La fig. 2 en est une section verticale et transversale faite perpendiculairement à la précédente, suivant la ligne 1-2.

La fig. 3 est une coupe horizontale faite à la hauteur de la ligne 3-4.

La fig. 4 est une projection latérale vue du côté des rochets ou cliquets de mouvement.

Enfin la fig. 5 représente une section verticale du métier fonctionnant, les parties mobiles étant indiquées dans une position différente de celle correspondante à la fig. 2.

Remarquons d'abord que ce métier perfectionné est construit pour des cartons à 200 trous, mais que, sans augmenter sensiblement ces dimensions, et par conséquent sans occuper un volume notablement plus grand, on pourrait aisément l'établir pour un métier à 400. C'est surtout lorsque l'on compare un tel métier, exécuté pour des cartons à 800 et 1200 trous, que l'on est frappé de la grande différence qui existe entre ces proportions et celles du jacquart ordinaire d'un nombre correspondant.

Cette différence tient justement à la réduction considérable apportée dans les dimensions des trous et par suite des feuilles de carton ; en effet, MM. Carré et Couplet sont parvenus à faire tenir 400 *trous* dans une surface de 18 centimètres de longueur sur 3 de largeur, tandis que dans le système ordinaire il ne faut pas moins de 36 centimètres sur 16, pour pouvoir y percer la même quantité ; seulement alors ces trous n'ont pas plus de 2 millimètres 1/2 de diamètre, tandis que les autres en ont au moins 5.

Ces feuilles de carton ainsi réduites passent successivement sur un prisme en bois A, à section carrée, et qui, comme nous l'avons dit plus

haut, n'est nullement percé de trous, comme les *cylindres mobiles* employés dans les anciens *jacquarts*. Chacune des faces de ce prisme correspond par ses dimensions aux diverses feuilles de carton auxquelles il doit servir de support en les amenant successivement devant le métier au moyen des goujons coniques *a* rapportés vers les extrémités.

Un peu au-dessous du prisme est une double plaque verticale B, qui est percée d'autant de trous que la machine doit porter d'aiguilles, lesquels trous correspondent exactement par leur centre aux axes mêmes de ces dernières auxquelles ils doivent servir de guide. Chaque feuille de carton, à mesure qu'elle descend du prisme, se présente entre les deux plaques, de telle sorte que les trous se correspondent parfaitement.

La distance qui existe entre la face inférieure du prisme, lorsqu'il est rapproché du métier, et la partie supérieure de la double plaque percée, est justement égale à la longueur d'un carton, de sorte que l'on est toujours certain, quand le prisme fait un quart de tour sur lui-même, qu'il amène constamment entre les deux plaques une feuille de carton exactement à la place qu'elle doit occuper.

C'est pourquoi, comme il est de toute impossibilité que les trous ne se présentent pas rigoureusement devant chacune des aiguilles, on peut, sans crainte, les faire de la dimension indiquée ; selon les auteurs, on pourrait au besoin les réduire encore et leur donner moins de 2 millimètres de diamètre.

La double plaque percée B est reliée au battant C par la traverse horizontale à jour D, de telle sorte que quel que soit l'écartement ou le rapprochement du battant par rapport au métier, elle reste constamment verticale, parce qu'elle se trouve guidée dans son mouvement de va-et-vient par les coulisseaux *b*, qui sont dans des directions horizontales et perpendiculaires à la longueur de la traverse.

Comme le battant décrit, dans le mouvement oscillatoire qui lui est imprimé, des arcs de cercle autour de l'axe *c*, on comprend que la traverse, et par suite la double plaque elle-même, pourraient s'élever au-dessous du plan dans lequel elles doivent rester, si d'une part elles n'étaient retenues par les coulisseaux et si de l'autre on n'avait rapporté dans la partie inférieure des deux côtés du battant, des brides à mortaises rectangulaires *d*, formant coulisses, dans lesquelles peuvent glisser les tourillons fixes *e*, rapportés à chaque bout de la traverse.

Les aiguilles *f* ne sont pas, comme dans les jacquarts ordinaires, à œillets vers le milieu, ni d'égale longueur, elles sont, au contraire, entièrement lisses et de plus en plus petites, à mesure qu'elles s'élèvent du plan inférieur au plan supérieur. A leur extrémité opposée aux cartons est bien formé un œil circulaire (fig. 6 et 7), mais qui, au lieu de recevoir les crochets, sert simplement de passage aux ficelles *g* (fig. 2 et 5) qui remplacent entièrement ces crochets et qui sont toutes suspendues au plateau fixe supérieur E.

A chacune de ces ficelles sont directement attachés les plombs F, qui doivent toujours les maintenir tendues et former un nœud correspondant au-dessus de l'œil de chaque aiguille, et qui, tantôt peut s'accrocher dans les dentures des crémaillères droites G, quand elles montent (comme on le voit fig. 5), et tantôt s'en dégager, lorsque ces dernières descendent pour revenir à leur position primitive (fig. 2).

Les détails (fig. 8, 9 et 10) montrent bien la forme et la construction de ces crémaillères dentées.

Il est à remarquer que les ficelles *g*, passant dans l'œil des aiguilles correspondantes (fig. 2), se trouvent, à partir de celles-ci jusqu'au plateau inférieur H, légèrement inclinées par rapport à la verticale, de telle sorte que dans le mouvement d'ascension et de descente imprimé aux crémaillères, elles s'accrochent ou se décrochent très-aisément; et par suite, les aiguilles, qui restent constamment horizontales (qu'elles soient ou non repoussées par les cartons), puisqu'elles sont bien guidées par les règles percées *h*, disposées au-dessous des crémaillères, sont toujours ramenées à la position qui tend à les faire pénétrer dans les trous des cartons; ainsi, lorsque le battant est rapproché du métier et que tout le système qui porte les crémaillères *c* est descendu, les ficelles tendues par les plombs, comme le montre la fig. 2, ont poussé toutes leurs aiguilles, mais les unes se sont trouvées arrêtées par la partie pleine de la feuille de carton qui est en regard; les autres, au contraire, ont pu pénétrer à travers les trous qui se sont présentés; il en résulte que celles-ci sont restées dans la direction même des cannelures de leurs crémaillères, c'est-à-dire qu'elles n'ont pas dévié, tandis que les premières, poussées par les aiguilles qui ont éprouvé la résistance, se sont éloignées de leurs crémaillères; par conséquent, lorsqu'on écarte le battant et qu'on soulève tout le système comme on le suppose sur la fig. 5, les dernières cordes, ayant leur nœud engagé, sont soulevées, et en même temps elles entraînent avec elles les fils de la chaîne du tissu, tandis que les autres restent dans leur position et ne produisent rien : par suite, les fils auxquels elles correspondent ne bougent pas.

Cette disposition, qui est extrêmement simple, a l'avantage de supprimer entièrement la boîte à ressorts que l'on est obligé d'employer dans les autres métiers et qui occasionne, comme nous l'avons dit, une résistance considérable et souvent bien pénible pour les ouvriers.

Par ce système, il est impossible que les cartons se dérangent, parce que, d'une part, ils ne peuvent sauter au-dessus du prisme ou support mobile A qui les entraîne, quelle que soit d'ailleurs la vitesse avec laquelle on fait marcher le métier à cause des pièces d'arrêt *i*, placées en forme de fourches au-dessus de ce prisme et attachées à la traverse supérieure I, qui relie les deux côtés C du battant; et, d'autre part, parce que le mouvement de rotation intermittent imprimé au prisme, au moyen des crochets en fer J (fig. 4), ne se produit pas comme dans les métiers ordinaires pendant toute l'amplitude du mouvement du battant, mais seule-

ment pendant une partie de ce mouvement, et cela par la disposition même des espèces de cames K et K′, rapportées sur le côté extérieur du bâti et entre lesquelles passe le taquet L, qui est solidaire avec le cadre en fer M, de sorte que, lorsqu'on soulève ce cadre, à l'aide de la bascule N, et des deux tringles O, les crochets restent un instant au repos et ne se meuvent que quand tout le système s'approche de la partie la plus élevée de la course ; et alors le prisme est le plus écarté possible du métier. C'est seulement à cet instant que ce prisme pivote sur lui-même d'un quart de tour ; il en résulte que la feuille de carton *l*, qui doit se présenter en regard des aiguilles, ainsi que les deux autres *l′* qui se trouvent au-dessus, descendent bien verticalement, d'autant plus d'ailleurs qu'elles ne cessent d'être guidées par les deux plaques percées B entre lesquelles elles passent.

On peut donc ainsi faire marcher le métier avec toute la vitesse qu'on veut lui donner, sans craindre que les cartons ne sautent, comme cela a lieu très-souvent avec les métiers à cylindres percés. L'on peut, par suite, produire plus de travail dans un temps donné et en même temps faire un tissu plus régulier et sans défaut.

Nous n'avons pas besoin de dire que ce métier fonctionne d'ailleurs comme les jacquarts ordinaires; il suffit de se reporter à cet égard au métier même que nous avons publié tome IV, pl. 36.

En résumé, les perfectionnements apportés par MM. Carré et Couplet aux métiers dits à la Jacquart, embrassent plusieurs points essentiels qui peuvent s'énumérer ainsi :

1° Réduction considérable dans les dimensions des cartons, et par suite économie notable dans les frais d'établissement.

2° Augmentation du nombre des cartons pour une dimension déterminée de métier, proportionnellement aux métiers connus.

3° Suppression entière des boîtes à ressorts et par suite diminution dans les résistances.

4° Facilité de construire des métiers pour cartons de 12, 16 et 1800 trous, et de les manœuvrer avec un seul ouvrier, sans occuper plus de place que des métiers de 4, 6 et 800.

5° Impossibilité de dérangement des cartons pendant le travail et par suite faculté de faire marcher les métiers plus rapidement.

Nous croyons que les métiers à la Jacquart sont à la veille d'une transformation radicale. Au moyen de l'électricité, M. le chevalier Bonelli, directeur général des télégraphes électriques du royaume de Sardaigne, supprime tous les cartons, et obtient, comme tissage et mouvement mécanique, des résultats merveilleux. Son invention est brevetée dans les principaux États de l'Europe et en Amérique.

OBSERVATIONS SUR LE PUDDLAGE AUX SCORIES,

PAR M. TUNNER.

Depuis quelque temps on a cherché de plus en plus, en Angleterre, à s'affranchir du finage de la fonte dans la fabrication du fer en barres ordinaires, et même déjà dans plusieurs usines on a supprimé entièrement cette opération. Ordinairement on compose, dans ce cas, une charge avec 1.21 à 1.50 quintaux métriques depuis le gris clair jusqu'au demi-truité faible, et 0.75 à 1 quintal métrique de fonte depuis le truité complet jusqu'à la fonte blanche des hauts-fourneaux. La perte au puddlage jusqu'à la transformation en bon fer laminé ne dépasse pas 8 à 9 pour 100, et n'est pas, par conséquent, plus considérable que le déchet au finage seul.

La plus grande difficulté de cette opération consiste dans l'entretien de la sole en scories dans le four à puddler. Pour y parvenir, on se sert, indépendamment des canaux de circulation d'air ou d'eau dans les parois latérales pour rafraîchir, de deux moyens, savoir : de scories de puddlage grillées et du puddlage périodique, ordinairement toutes les douze heures, des fers de riblons, provenant, la plupart du temps, des extrémités imparfaites du fer en barres qu'on a coupées : on prend seulement 1 partie de ces derniers pour 100, et on en forme une loupe unique; il y a, il est vrai, beaucoup de fer brûlé, mais la sole de scories se trouve raffermie. Après qu'on a traité une charge de fonte, on évacue la scorie qui reste encore dans le four à puddler,par une percée sous la porte de travail, dans un chariot à scories en fer, et on la remplace par des scories grillées et des battitures qui tombent des laminoirs. Quant aux parois en fer, on se sert pour les garnir de morceaux de minerai de fer riche, tel que l'oxyde rouge ou brun qu'on se procure facilement. L'addition de scories de puddlage grillées, non-seulement rend le fond durable, mais contribue puissamment, sans aucun doute, à diminuer le déchet en fer.

Le grillage des scories s'exécute exactement comme celui des minerais, sur des aires murées. On étend sur ces aires de quatre à six couches alternatives de menu combustible de qualité inférieure et de morceaux cassés, de la grosseur du poing, de scories de puddlage, jusqu'à une hauteur de 3 à 4 mètres. Déjà, pendant le grillage, on voit une partie des scories couler par le canal de décharge en dehors de l'aire, ce sont les scories les plus fusibles, celles les plus crues et les plus brutes, qui en principe doivent être rejetées. Lorsque le grillage est terminé, on trouve comme couche inférieure, à peu près sur 30 centimètres de hauteur, une scorie ne formant par la fusion qu'une masse compacte, qu'on brise ordinairement en morceaux de la grosseur du poing, et qu'à une opération suivante on fait griller de nouveau. Au-dessus de cette couche fondue, on trouve une portion de scories grillées à point, qui forme environ la moitié de celles qu'on a mises en charge et se présente dans un état poreux et fritté. C'est la portion la moins fusible et la plus riche en fer, celle qui après avoir été brisée est employée de nouveau dans le four à puddler.

MOYEN DE CUIVRER LE FER,

PAR M. BUCKLIN.

On cherche depuis longtemps un moyen pour recouvrir le fer avec un métal moins oxydable que lui et plus dur que l'étain, le cuivre, par exemple, afin de pouvoir l'employer dans des constructions où, à son état naturel, il est promptement détruit. Ce sont surtout les tôles qu'il importerait de recouvrir de cuivre, et qui, ainsi enduites, seraient sans doute plus économiques que les fer-blancs et les tôles étamées. De la tôle cuivrée serait excellente pour la construction des chaudières des machines à vapeur et moins sujette aux incrustations, etc. Dans tous les cas, le bon marché est une condition essentielle; si le procédé est dispendieux, il n'y a pas d'avantage et il vaut mieux employer le cuivre pur; s'il est économique, alors les applications sont nombreuses et pleines d'intérêt. On connaît depuis longtemps des procédés pour cuivrer le fer; mais le couvrir de cuivre sur une certaine épaisseur et faire adhérer ce dernier métal sur le premier est un problème qui n'avait peut-être pas encore été résolu, et dont il paraît qu'on vient de trouver la solution.

M. T.-G. Bucklin, de Troy, Etat de New-York, a pris récemment une patente pour un procédé propre à recouvrir la fonte, les moulages et les fers battus, d'un enduit solide de cuivre. Voici en quoi consiste ce procédé.

On commence par décaper le fer avec soin dans l'acide sulfurique étendu, puis on l'enduit avec un métal intermédiaire, par exemple du zinc, par les mêmes moyens que ceux qu'on emploie pour faire ce qu'on appelle le fer galvanisé. Cela fait, on a un creuset qui renferme du cuivre en fusion recouvert avec quelque matière incombustible, et on plonge ce fer zinqué dans ce bain, où on le laisse jusqu'à ce qu'il cesse de siffler; lorsqu'on le retire il est couvert d'une couche complète et durable de cuivre.

En replongeant ce fer cuivré dans une solution de sel ammoniac, puis dans le bain de zinc, et enfin dans celui de cuivre, répétant le procédé à plusieurs reprises, on a une suite de couches de ce dernier métal qu'on peut rendre aussi épaisses qu'on le désire. On s'oppose à la formation de l'oxyde noir sur le cuivre, en plongeant dans la solution de sel ammoniac et lavant enfin à l'eau pure.

Si le bain de cuivre n'était pas couvert d'une matière non combustible, les pièces n'en sortiraient pas lisses et unies.

Le laiton ou les autres alliages de cuivre peuvent également servir à enduire le fer de la même manière que ce métal lui-même. Ce procédé est propre à produire des tôles de fer cuivrées, ou mieux laitonnées, qui auront de nombreuses applications dans les arts, et, comme on le voit, diffèrent de celui que M. Pommeroy a proposé pour le même objet.

FIN DU TOME HUITIÈME.

TABLE RAISONNÉE

DES

MATIÈRES CONTENUES DANS LE TOME HUITIÈME

DE LA PUBLICATION INDUSTRIELLE.

I.

II.

III.

V.

VI.

VII.

VIII.

IX.

X.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

AUTEURS, MÉCANICIENS, INGÉNIEURS ET MANUFACTURIERS,

QUI ONT ÉTÉ CITÉS DANS CE VOLUME

Pour leurs Ouvrages, pour leurs Inventions, ou pour leurs Travaux.

A.

B.

C.

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS.

PUBLICATION INDUSTRIELLE

DES

.ACHINES, OUTILS ET APPAREILS

LES PLUS RÉCENTS ET LES PLUS PERFECTIONNÉS

EMPLOYÉS DANS L'INDUSTRIE FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

PAR **ARMENGAUD** AINÉ

INGÉNIEUR, ET PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉT ERS

ıprès avoir fait paraître successivement sept volumes de la PUBLICATION INDUSTRIELLE nous commen-s actuellement le huitième volume de ce Recueil, afin de continuer à répandre les connaissances :aniques dans tous les pays civilisés. Comprenant les dessins les plus précis et les descriptions aillées des machines, des appareils, des instruments les plus remarquables employés dans les erses industries, cet ouvrage devient aujourd'hui, nous ne craignons pas de le dire, le portefeuille lus complet qu'on puisse consulter; il ne sert pas seulement de *vade mecum* aux fabricants, aux énieurs, aux mécaniciens, il forme une sorte d'encyclopédie d'autant plus précieuse, que les maté-ıx qu'il renferme sont tirés des documents existants les plus perfectionnés, et qu'ils sont donnés c beaucoup d'exactitude et de détails.

'rofitant de toutes les circonstances qui se présentent aux Expositions, comme aux essais parti-iers, aux expériences publiques, nous ne manquons pas de relever les appareils qui offrent de térêt, en nouveautés, en perfectionnements, en combinaisons diverses, afin de les reproduire, c des notes ou des observations plus ou moins étendues.

)n a demandé, surtout à chaque exposition nationale, mais plus vivement encore à celle de ıdres, un ouvrage qui donnât les tracés et les descriptions de cette foule de machines, d'outils de te sorte, qui, immobiles, inertes, ayant la plus grande partie de leur mécanisme caché, n'ont géné-ement pas d'intérêt, parce qu'on ne les comprend pas, parce qu'on ne voit pas le plus souvent ce ils peuvent renfermer de nouveau, de remarquable. Cette lacune est comblée, puisque nous en avons)lié les gravures avec tous les détails, et que nous pourrions aujourd'hui placer presque à côté de ıque espèce de machine le dessin exact des différentes vues qui la représentent.

l est peu de fabrications dont nous n'ayons pas décrit les principaux appareils; il en est un grand nbre qui ont été traitées et dessinées complètement, comme les moulins, les moteurs hydrauliques toute espèce, les machines à vapeur, les locomotives, les marteaux, les métiers de filature, etc.: on ıt en juger, au reste, par la nomenclature ci-après. Les nouveaux volumes que nous allons faire aître contiendront plus particulièrement des appareils, des instruments, des machines, dont nous vons pas encore parlé : comme moulins à tabac, moteurs électriques et appareils télégraphiques, chines soufflantes, fours à chauffer l'air, fabriques de chocolat, presses à décaller, à essayer les sorts, locomotives à marchandises, moulins à vent, machines à peigner, métiers mécaniques à ıer, à tulles, à rubans, à imprimer les tissus, et en général toutes les machines qui présentent des positions nouvelles ou particulières par rapport à celles qui les précèdent.

Nous occupant, depuis plusieurs années, de réunir avec méthode les organes principaux qui entrent ıs la composition des machines, nous en faisons quelques articles spéciaux que nous donnerons ıs le cours de l'ouvrage, avec des planches spéciales montrant à une grande échelle les types pris ır modèles, et accompagnés de règles, de tables et de tracés géométriques qui permettent de cal-er, à première vue et sans difficulté, les dimensions à donner à chaque partie. Tels sont, par mple, les vis et les boulons pour lesquels il serait à désirer que l'on adoptât une générale confor-é, les rivets pour chaudières et bouilleurs les arbres, les bielles, les manivelles en fonte et en fer, boîtes à étoupes, les engrenages, les poulies, les paliers, les supports et coussinets, etc., etc. Nous érons que cette introduction de modèles d'organes essentiels, bien proportionnés, choisis avec n et arrangés méthodiquement, sera appréciée des constructeurs, et surtout des jeunes mécani-ns et ingénieurs qui font leurs premiers pas dans la construction mécanique.

Ces tracés, ces types d'organes gravés sur des planches spéciales, seront aussi imprimés d'une cou-r différente que les autres, afin de les distinguer, et pourront plus tard, en les réunissant, former volume spécial qu'on pourra consulter à part.

Ne négligeant rien, soit pour la confection des dessins et des gravures, soit pour les recherches les s ardues, les plus minutieuses, soit pour les renseignements de toute sorte recueillis dans les usines nous allons puiser, nous sommes récompensés de nos peines et de notre travail, parce que nous ıns été assez heureux pour être appréciés de la plus grande partie de nos souscripteurs qui ont bien ılu, depuis l'origine, nous encourager et nous continuer leur bienveillant concours. Nous les en nercions de nouveau, et leur promettons d'apporter sans cesse tous nos soins, tous nos efforts, à sévérer dans la voie de progrès que nous avons embrassée avec toute l'ardeur et l'esprit national i nous anime.

NOMENCLATURE

DES

MACHINES, OUTILS ET APPAREILS DES HUIT VOLUMES

